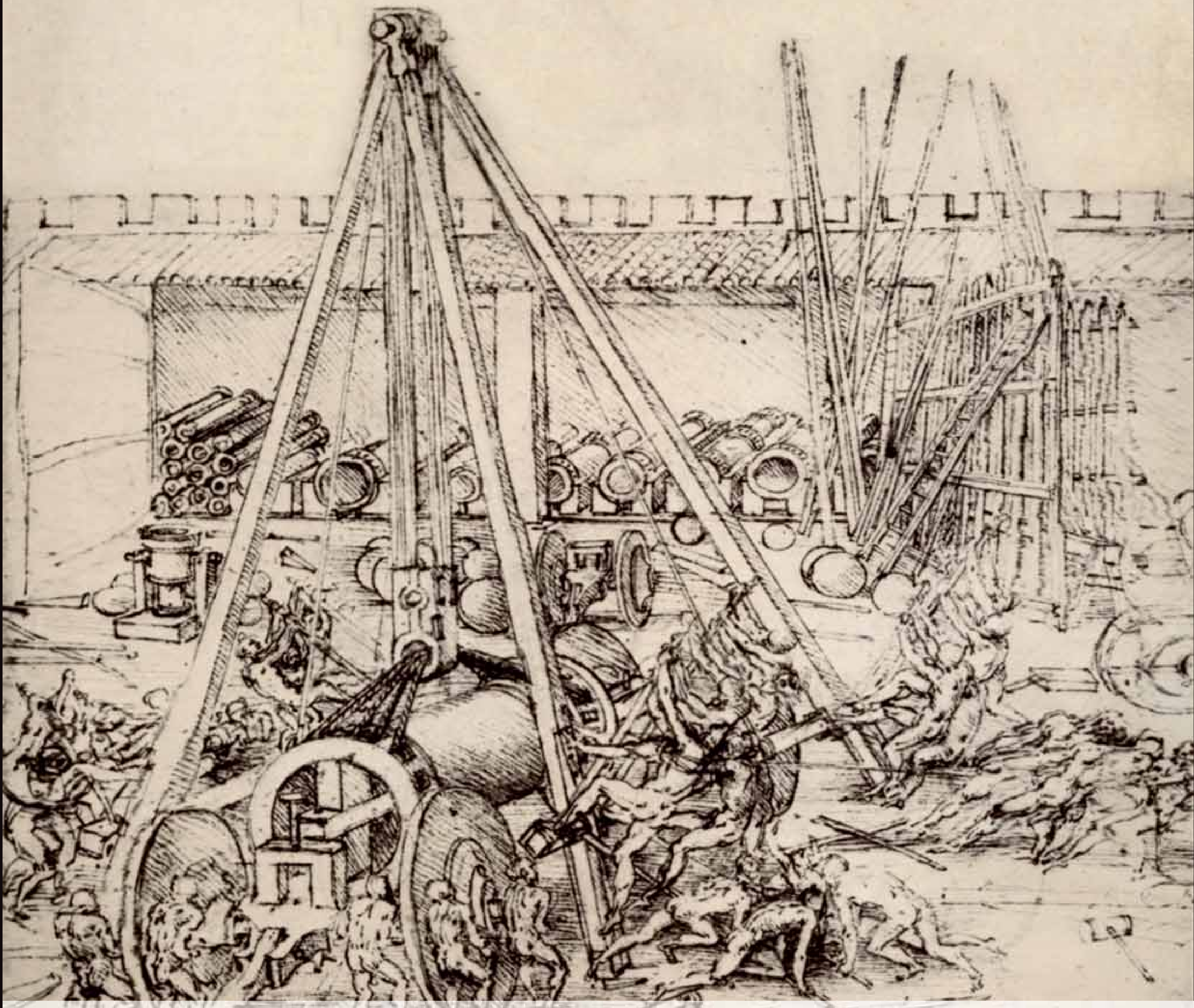
RIVISTA MILITARE

TECHNE

Il ruolo trainante della cultura militare nell'evoluzione tecnologica



FLAVIO RUSSO - FERRUCCIO RUSSO

Flavio Russo - Ferruccio Russo

TECHNE

Il ruolo trainante della cultura militare nell’evoluzione tecnologica

- ETÀ RINASCIMENTALE -

RIVISTA MILITARE

ROMA 2011

Questo volume è stato realizzato dalla Rivista Militare.
Ne sono Autori: per la parte relativa al testo ed alle ricerche storiche Flavio Russo;
per la parte relativa al progetto grafico, alle ricostruzioni virtuali e all'apparato
iconografico, in generale, Ferruccio Russo.
Le illustrazioni ed i disegni, quando non diversamente precisato nelle referenze
iconografiche, sono degli Autori o della Rivista Militare.

L'immagine di copertina è un particolare di un disegno di Leonardo da Vinci tratto dal codice Windsor 12647.

Hanno collaborato:

Coordinamento editoriale:
Luigino Cerbo

Revisione testi:
Annarita Laurenzi, Marcello Ciriminna

Progetto, elaborazione grafica ed impaginazione:
Ferruccio Russo

RIVISTA MILITARE

Direttore Responsabile:
Francesco Paolo D'Emilio

© 2011
Proprietà letteraria artistica
e scientifica riservata

Indice

Presentazione 3
Prefazione archeologica 5
Prefazione tecnica 7

Premessa - Un passato mai passato 9

Nani sulle spalle dei giganti 9
I prodromi della rinascita 10
Il mito del genio isolato 13
Omo sanza lettere 15
Il ritorno del passato 17
Quanto ne sappiamo 21
Palazzo, Museo e Biblioteca 23
La politica della cultura 25
L'altra biblioteca: papiro e pergamena 26
Settori di ricerca 28
Gli uomini di Alessandria 29

Parte Prima - Permanenze e novità 32

L'eredità del Macedone 33
Limiti dell'originalità 34
La vite aerea 37
Le idee inutili 39
Il fattor comune 41

Parte Seconda - Scienza e tecnica 44

Alla base della divaricazione 45
La macchina umana 46
Schiavi e macchine 49
Diffusione orizzontale e verticale 50
La meccanizzazione invisibile 52
Oblio e permanenza 53
La tecnologia incompresa 54
Il tramonto del Medioevo 57
Le tappe della riscoperta 58
Genialità e infantilismo 61
La riscoperta della scienza e la stampa specializzata 62

Parte terza - I nuovi tecnici 64

La scrittura dei tecnici: il disegno 65
L'evolversi del disegno tecnico 67
Pochi nomi tante invenzioni 72
Lettera di un ingegnere del 1482 74
I predecessori ed i coevi 77
1200≈1300 Villard de Honnecourt 77
1280≈1350 Guido da Vigevano 78
1366≈1405 Konrad Kyeser 80
1377-1446 Filippo Brunelleschi 80
1378-1455 Lorenzo Ghiberti 81
1382≈1453 Mariano di Jacopo detto il Taccola 82
≈1393≈1455 Giovanni (o Jacopo) Fontana 82
1405-1475 Roberto Valturio 82
≈1400≈1450 Anonimo della guerra ussita 83
1439-1501 Francesco di Giorgio Martini 83
1452-1519 Leonardo da Vinci 84
1457-? Philipp Mönch 85
1551-1617 Fausto Veranzio 85
Introduzione al repertorio 86
Referenze bibliografiche ed iconografiche 86

Repertorio 89

Terra 90
1. Macchine elevatrici e loro accessori 90
1.1 Gru a quattro montanti 90
1.2 Taglie a più carrucole 92
1.3 Elevatore a vite 94
1.4 Binda a doppia vite 96
1.5 Gru girevole 98
1.6 Battipalo 100
2. Strumenti di misura lineari, angolari, temporali 102
2.1 Odometro 102
2.2 Goniometro 104
3. Macchine da guerra 106
3.1 Artiglieria a gravità: il trabucco 106
3.2 Artigliera a flessione a corda 108
3.3 Artiglieria a flessione ad impulso 110
3.4 Artiglieria a flessione a fionda 112
3.5 Artiglieria elastica a torsione palintona 114
3.6 Artiglieria a ripetizione 116
4. Macchine ossidionali interdittive, antimacchine e scala segreta 118
5. Fortezze 120
5.1 Fortezze tradizionali 120
5.2 Fortezze a pianta circolare 122
6. Congegni meccanici 124
6.1 Arpinismo d'arresto o saltaleone 124
6.2 Rocchetto e cremagliera 126
6.3 Cuscinetti a sfere e a rulli 128
6.4 Rotismo differenziale 130
7. Carri 132
7.1 Carro semovente 132
7.2 Carro armato 134
8. Criptex 136

Acqua 153
1. Ruote idrauliche 153
1.1 Ruote idrauliche idrovore 153
1.2 Ruote idrauliche per l'industria: la sega idraulica 154
1.3 Barche a ruota 156
2. Pompe idrauliche 158
2.1 Pompe a catena 158
2.2 Pompe a bindolo 160
2.3 Pompe a stantuffo 162
2.4 Pompe a coclea 164
3. Acquedotti e sifoni 166
3.1 Acquedotti e sifoni 166
3.2 Tubi componibili in legno o in terracotta 168
4. Ponti di circostanza 170
4.1 Ponti su galleggianti pneumatici 170
4.2 Ponti galleggianti di barche 172
4.3 Ponti su cavalletti e a cavalletti incastrati 174
4.4 Ponti a pacchetti 176
4.5 Ponti a carrello 178
5. Canali e chiuse per la navigazione 180
6. Salvagente anulare 182
7. Subacquei 184
7.1 Palombaro e sommozzatore 184
7.2 Campana subacquea 186
8. Draghe 188
9. Orologio ad acqua: clessidra automatica 190
10. Tecniche minerarie: ruina montium 192
Aria 201
1. Anemometro 201
2. Mulini a vento 202
2.1 Mulini a vento ad asse verticale 202
2.2 Mulini a vento ad asse orizzontale 204
3. Vite aerea 206
4. Aliante-deltaplano 208
5. Paracadute 210
Fuoco 212
1. Artiglieria 212
1.1 Petriere e bombarde 212
1.2 Artiglieria pesante da assedio 214
1.3 Dispositivi di alzo 216
1.4 Proietti cilindro-ogivali e shrapnel 218
2. Mortai d'assedio 220
3. Artiglieria a ripetizione 222
3.1 Pezzi a canne multiple affiancate 222
3.2 Pezzi a canne multiple a stella 224
4. Archibugio manesco e da posta 226
5. Razzi 228
6. Alambicchi e distillazione 230
7. Specchi ustori 232

Indice degli autori 243

Presentazione

Con viva soddisfazione mi accingo a presentare il terzo volume della collana "Techne", la cui uscita sta diventando, ormai, un appuntamento tradizionale di fine anno della Forza Armata.

L'obiettivo che ci siamo posti con questa importante iniziativa editoriale - giova ricordarlo - è quello di diffondere e rafforzare, non solo presso i circoli strettamente accademici, ma anche verso un più ampio pubblico non necessariamente di "addetti ai lavori", la consapevolezza che la cultura militare è un grande patrimonio di valori morali, civili, tecnici e scientifici di cui l'umanità si è arricchita nel corso della storia. Vi è, infatti, la precisa volontà di affermare con forza la funzione anticipatrice che il pensiero militare ha svolto lungo il cammino della civiltà. Tutti sappiamo che le attuali tecnologie di uso più comune e diffuso traggono inizialmente origine da specifiche esigenze militari: il laser, internet, il GPS, le videoconferenze, la telemedicina, solo per citarne le principali. Abbiamo, quindi, pensato che potesse essere di una certa utilità rivisitare la storia, ponendo in risalto come la gran parte delle scoperte, che hanno impresso una sensibile accelerazione al progresso umano, siano nate da applicazioni prettamente militari.

Dopo aver analizzato, con le precedenti edizioni, l'età classica e quella medievale, il volume di quest'anno prende in esame il Rinascimento - e lo fa soprattutto attraverso la sua figura più emblematica, Leonardo da Vinci - che incarna quello straordinario periodo della storia in cui è rifiorita tumultuosamente, in tutta Europa, la vita culturale e artistica. Le sue radici affondano certamente nell'Umanesimo fiorentino che, con la riscoperta degli studi classici, rende possibile, in una nuova prospettiva laica e autonoma, l'affermazione dell'uomo e delle sue possibilità di pensiero ed azione, svincolato dal rigido dogmatismo teologico del Medioevo. Le scoperte e i processi innovativi del XV e XVI secolo, unanimemente considerati come uno straordinario laboratorio di saperi scientifici e conoscenze tecnologiche, vengono presentati in maniera ampia e con dovizia di particolari, mettendo ben in risalto le loro origini di natura squisitamente bellica. Agli albori dell'età moderna si capì, infatti, che in guerra la forza fisica e la destrezza muscolare non erano più sufficienti, ma era inderogabile aumentare la gittata di armi offensive e acquisire la capacità di individuare la minaccia ben più lontano del mero campo visivo: ecco, dunque, comparire le prime macchine da guerra a propulsione meccanica e termica e, poi, la lente d'ingrandimento, il cannocchiale e il binocolo. Ma si potrebbero citare numerosi altri esempi, peraltro ampiamente narrati in questo volume, per attestare come l'uomo, per difendersi e attaccare, sia giunto a ideare elaborati congegni tecnici, in grado di ridurre la fatica, abbattere le barriere fisiche e colpire l'avversario nelle sue vulnerabilità.

Scorrendo le pagine successive, il lettore viene condotto per mano attraverso una narrazione - assolutamente chiara e fortemente incisiva - di vicende umane abilmente intrecciate con la descrizione di invenzioni e sperimentazioni che hanno anticipato, in alcuni casi anche di molti secoli, le conquiste della tecnologia della nostra epoca.

Prima di lasciarvi alla lettura di queste interessantissime pagine, vorrei concludere con un sincero plauso e un vivo ringraziamento all'autore, Professor Flavio Russo, e al curatore iconografico, Ferruccio Russo, ben noti al pubblico di "Rivista Militare" per la loro intensa collaborazione, perché, attraverso questa erudita collana, consentono ai lettori di scoprire pagine di storia che testimoniano

la grandezza della nostra cultura e delle nostre radici identitarie, di comprendere nella giusta prospettiva gli sviluppi e le conquiste dell'età moderna e contemporanea nonché di contemplare con pienezza gli straordinari apporti che il pensiero militare ha saputo fornire nel lungo cammino della civiltà umana.

C'è da essere giustamente orgogliosi di questo nobile passato, sia come italiani sia come professionisti militari.

Buona lettura

IL CAPO DI STATO MAGGIORE DELL'ESERCITO
Generale di Corpo d'Armata Claudio GRAZIANO

Prefazione archeologica

Questa ricerca segna un ennesimo passo avanti nel percorso indagativo intrapreso qualche anno fa da Flavio Russo che, come ho avuto modo di far notare già in passato, spesso utilizza le pagine delle riviste che dirigo come banco di prova delle sue più interessanti intuizioni. In questo terzo volume, in particolare, viene indagato il copioso e corposo lascito degli ingegneri rinascimentali, per lo più relativo a macchine belliche ed a procedure ossidionali, che trova una magistrale sintesi nell'opera di Leonardo da Vinci.

La novità dell'opera, però, sta nel precisare che non si trattò del parto di una mente singolare ed isolata, di una sorta di *medium* capace di scrutare nel futuro o del rapporto di un viaggiatore del tempo al rientro da una sua missione, quanto, invece, dell'esponente di punta di un vasto gruppo di tecnici, tutti in sostanza coinvolti nelle medesime proposizioni e tutti consapevoli delle medesime esperienze.

A suffragio di questa rivoluzionaria tesi, un'ampia serie di comparazioni iconografiche, di analisi tecniche che relazionando identiche invenzioni (disegnate, però, con ben diversa capacità grafica ed espressiva) dimostrano quanto accennato. Stupisce, a tal proposito, l'enorme mole di materiale riprodotto e la certosina cura prestata da Ferruccio Russo nella creazione di un imponente repertorio, così come nella realizzazione dell'ormai consueto supporto iconografico alla trattazione stessa.

Non un uomo rivoluzionario, quindi, ma una stagione rivoluzionaria che ebbe in Italia, ed in Toscana in particolare, la sua culla e nell'arco cronologico tra la fine del Medioevo e l'inizio dell'Età moderna, la sua infanzia. Quest'ampliamento, che solo apparentemente può sembrare una diminuzione della nostra cultura scientifica, in realtà si connota piuttosto come un suo accrescimento esponenziale, essendo colleghi di Leonardo ingegnere gli stessi Roberto Valturio, Guido da Vigevano, Mariano di Jacopo, Francesco di Giorgio Martini, e prima ancora Filippo Brunelleschi e Lorenzo Ghiberti, per limitarci ai più noti. E soprattutto a quelli di cui ci sono pervenuti grafici e scritti, testimonianze irrefutabili di quanto ricordato.

Un libro, pertanto, che pur approfondendo prioritariamente le primogeniture militari, quelle che possono da sempre collocarsi alla base dell'avanzamento tecnologico dell'umanità, ricolloca in una nuova prospettiva storica la cultura scientifica e tecnica del Rinascimento, ridimensionando un mito spesso ingiustificato, per esaltare al suo posto una realtà troppo spesso ignorata ma ben più diffusa. Senza contare, dettaglio nient'affatto trascurabile, che proprio la ricerca esposta nei primi due volumi evidenzia come tale vivacissimo scorcio storico, almeno per l'ingegneria militare, fu la continuazione della mitica rivoluzione ellenistica, approfondita e divulgata dal Museo e dalla biblioteca di Alessandria e trasferita in Occidente dalle vicende storiche. Si potrebbe al riguardo parlare di una staffetta, il cui testimone furono i molteplici codici, scampati fortunosamente alle fiamme e gelosamente custoditi a Bisanzio, per poi approdare miracolosamente a Venezia, e in misura minore negli altri porti italiani, dopo il sacco crociato e quello più radicale turco del 1453.

E si spiega, così, anche la ragione della scelta del termine “Rinascimento” al posto di “Nascita”, trattandosi di una resurrezione, letteralmente dalle ceneri, che la nostra Terra rese concreta elargendone poi i frutti all’intera civiltà occidentale.

Andreas M. Steiner
Direttore di “Archeo” e “Medioevo”

Prefazione tecnica

Ancora una volta il mio caro amico, l'autore di questo libro, mi chiede di scrivere una prefazione ad un'opera sua. Lo so che lo fa perché, un poco, mi stima e molto di più perché mi vuole bene, però... Però, in un impulso di sincerità, devo dire che questa è diventata una specie di tortura!

"Ma come" - dirà il lettore - "Non ne sei onorato?" E poi ancora: "Che razza di ingrato: invece di essere grato per la stima e l'affetto che l'autore gli dimostra, questo uomo di poco sentimento si lamenta della fatica di scrivere qualche riga."

Ma mettetevi nei miei panni, però: ogni volta devo leggere (e per giunta in fretta) il nuovo manoscritto di Flavio e devo farmi venire in mente qualche cosa di 'intelligente' per commentare l'opera sua. Ma si trattasse solo di questo, sarebbe poca cosa.

Certo, il peggio è un'altra cosa: anche io scrivo (cose un po' diverse per certi aspetti ma simili per altri) e quindi, ogni volta, vengo preso dall'invidia. Brutta cosa l'invidia, difficile da dissimulare, per giunta. Lo so, dovrei essere felice del talento di un amico e lo sono ma, se Flavio ne avesse un po' meno, allora io sarei più contento di fargli i miei complimenti...

Ma veniamo a questa opera. Almeno, non ho dovuto impiegare tanto del mio prezioso (?) tempo per leggerla perché Flavio mi ha tenuto sempre costantemente informato dei suoi studi sull'argomento ed abbiamo commentato spesso insieme i documenti che in essa sono riportati.

Non ha senso consumare carta per illustrarla: chi vuole la leggerà e si potrà fare la sua opinione. Però uno spunto di riflessione si può fare.

Come tutti i ragazzi che sognano di fare l'ingegnere, e non solo essi, anche io sono cresciuto con il mito di Leonardo da Vinci: l'uomo che ha inventato quasi tutto, spesso in anticipo di secoli su gli altri.

Ricordo la passione con la quale, da ragazzino, quando già sognavo di diventare Ingegnere Meccanico, guardavo i disegni del Nostro.

Ricordo, però, anche un episodio della mia infanzia: con i miei genitori avevo visitato a distanza di pochi giorni un'eposizione di modellini di opere Leonardesche e poi, a Firenze, il Museo nel quale erano esposte alcune testimonianze dell'opera di Galileo (tra le cose esposte, ricordo, c'era anche il suo dito indice); allora dissi ai miei genitori quanto fosse più grande, secondo me, Leonardo rispetto a Galileo.

Non potrò mai dimenticare quanto mi stupirono le risposte dei miei genitori: mio padre, ingegnere, mi disse sbrigativamente ed in modo altero che il da Vinci non era paragonabile a Galileo e mia madre, con maggior garbo e pazienza, cercò di spiegarmi che Leonardo da Vinci era un inventore mentre Galileo era uno dei più grandi scienziati che fossero esistiti.

Nella mente di un ragazzino la distinzione non era chiara ed io, allora, rimasi della mia idea.

Poi 'da grande' intrapresi gli studi di ingegneria ed imparai a studiare ed a 'leggere' con diversa profondità. Con gli anni della maturità poi, mi appassionai allo studio delle macchine Greco-Romane e qui l'idea che, romanticamente, avevo da ragazzino su Leonardo da Vinci cominciò ad 'evolversi' ancora.

Così iniziai a guardare con indulgenza molti disegni Leonardeschi e poi a trasalire davanti ad alcuni di essi o ad alcune sue affermazioni. Una per tutte: la celebrata vite aerea; un esempio di 'in-

fortunio' del Nostro su alcuni principi di fisica anche molto semplici e basilari, uno dei quali già noto in epoca classica...

Ma bisogna dire che l'opera di Flavio è anche coraggiosa: non è infrequente che, nel dire ciò che lui afferma, ci si attiri fierissime contestazioni e critiche. Guai a toccare i mostri sacri!

Ma che male c'è a dire che un pittore di grandissimo talento, e bravo ingegnere idraulico, abbia semplicemente studiato la meccanica ed i meccanismi riproducendoli su carta con il suo grande talento artistico? Che male c'è a riconoscere, nei disegni di Leonardo da Vinci, macchine Greco-Romane già rappresentate, prima che da lui, da altri ingegneri-architetti Italiani? Che male c'è a ricordare che, tra questi ultimi, Francesco di Giorgio Martini era stato suo maestro e, palesemente, tra i suoi ispiratori?

Ed infine: è colpa grave mostrare che qualcuno dei disegni rappresenta meccanismi che non potrebbero mai funzionare?

Non so cosa ci sia di male, ma evidentemente c'è!

Per essere un uomo di valore si deve essere per forza onniscienti ed infallibili?

Ma concludo con un ultimo pensiero: Leonardo da Vinci non ha mai dichiarato né di essere un ingegnere meccanico (o qualche cosa di simile) né di essere l'inventore della maggior parte dei meccanismi che disegna. Allora: è davvero rendergli un buon servizio celebrarlo per ciò che lui non è stato invece di ammirarlo per ciò che, invece, certamente è stato?

Dunque a me una cosa sembra certa: quest'opera di Flavio, supportata da un'imponente ricerca iconografica curata da Ferruccio, non demolisce niente e nessuno ma contribuisce (molto, secondo me) a dare la giusta luce alle opere (principalmente a quelle nel campo della meccanica, intesa in senso ampio) di Leonardo da Vinci ed a quelle dei suoi precursori; questi ultimi meno 'fortunati' nella considerazione di molti.

Prof. ing. Cesare Rossi
Ordinario di Meccanica Applicata alle Macchine
Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli - "Federico II"

Premessa - Un passato mai passato

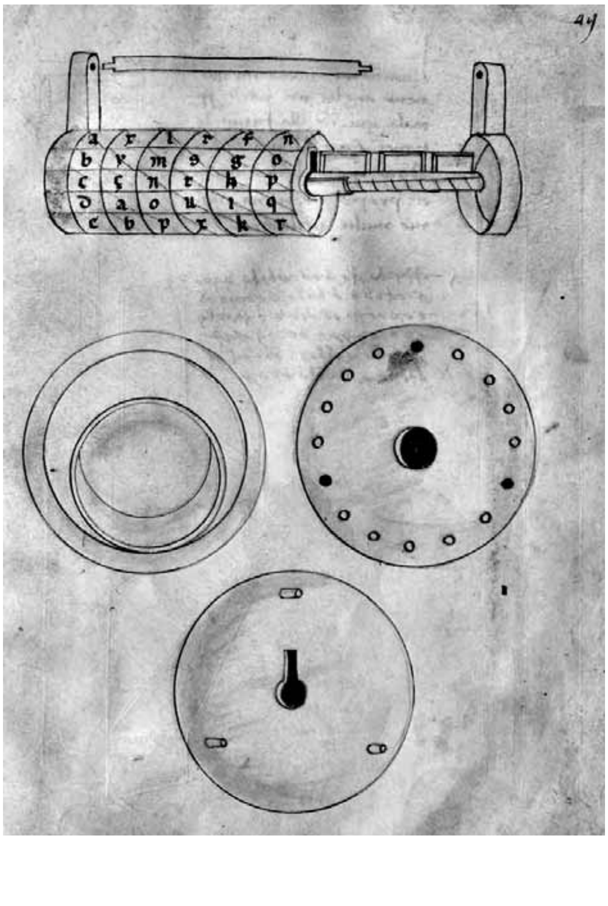
Nani sulle spalle di giganti

Un recente romanzo, di enorme successo internazionale, ruota intorno allo straordinario genio inventivo di Leonardo da Vinci, a cui attribuisce pure il cilindro ad apertura cifrata di Giovanni Fontana, ribattezzandolo *criptex*, da lui mai nemmeno vagamente abbozzato.[1] Una intelligenza, pertanto, sovrumana e talmente perspicace da descrivere, con quattro secoli d'anticipo, le macchine ed i mezzi oggi più utilizzati, militari e civili. Carri armati, elicotteri, battelli a ruota, palombari, alianti, paracadute, ponti di circostanza, canali, granate, artiglierie a ripetizione, casematte e fortificazioni, per citare alcuni capisaldi del suo sterminato repertorio. A fugare ogni dubbio circa la sua paternità provvede l'eloquenza oggettiva dei relativi disegni, che quando non strettamente simili ai corrispettivi congegni odierni, ne preconizzano l'esatta modalità d'impiego.[2]

È evidente, ad esempio, che il paracadute di Leonardo (vedi REPERTORIO) somigli così al nostro da non richiedere alcuna spiegazione; non così il suo *carro armato* che dell'odierno anticipa solo la tattica d'impiego, ma in modo tanto stringente da renderlo l'inventore in assoluto del carrarmato! Analogamente la sua vite aerea anticipa dell'elicottero soltanto il criterio di sollevamento tramite un rotore ad asse verticale, soluzione però a tal punto peculiare da farne di Leonardo l'indiscusso ideatore. Ribadisce quanto delineato, in maniera plastica, la miriade di ricostruzioni e di riproduzioni delle sue macchine, fatte in modo di simulare una convenzionale motilità, del tutto impossibile, invece, nella realtà per la mancanza di un congruo apparato motore. Questa

1 - Il romanzo a cui si fa riferimento è *The da Vinci Codex* scritto da Dan Brown nel 2003 e comparso nella versione italiana l'anno successivo. Gli vengono attribuite oltre 100 milioni di copie.

2 - Per un primo sommario approccio con i vari codici di Leonardo finora ritrovati e sulle loro caratteristiche e tematiche cfr. S. CREMANTE, *Leonardo da Vinci*, Prato 2005.



Sotto: *il criptex, lucchetto a cifra che Dan Brown, nel suo romanzo, attribuisce a Leonardo.*
A fianco: *una pagina del codice di Giovanni Fontana, nella quale viene descritto il lucchetto a cifra.*

avvilente deficienza, comune a tutti gli ingegneri del Rinascimento che disegnarono perciò le loro macchine *a prescindere*, paradossalmente ha esaltato a dismisura la genialità di Leonardo, affrancandola dai coevi limiti tecnologici. Una mente unica, quindi, che traghettò la scienza, nel diafano dissolversi del Medioevo, verso l'età moderna!

Tesi suggestiva, ma fin troppo semplicistica non conoscendosi alcuna analogia e, per giunta, ingenerosa dal momento che elevando ad apice epocale un singolo individuo portò all'oblio l'intera compagine dei tecnici suoi numerosi predecessori, contemporanei e successori, che furono invece i capostipiti dell'ingegneria, di cui per loro tramite l'Italia ne divenne la culla, indiscutibile e concreta. Nascita che già dai protagonisti fu reputata rinascita, affondando le sue scaturigini nella rivoluzionaria cultura scientifico-tecnologica ellenistica, proiettando nel remoto futuro un altrettanto remoto passato. Precisava, infatti, in un pregevole volume un autorevole studioso francese che: "*sarebbe ingiusto non menzionare i principi italiani del XV secolo, sovrani di piccoli Stati senza forza effettiva, ma che furono gli artefici più notevoli di un nuovo stato d'animo, vale a dire appunto del rinascimento. Queste dinastie, venute fuori dalla guerra o dal commercio, forse proprio per questa loro origine tentarono, come secoli prima si era fatto ad Alessandria, una sorta di sistematizzazione e coordinazione dei diversi saperi. E è grazie a questi principi, per ragioni analoghe sensibili ai problemi tecnici, che il mondo materiale sarebbe venuto ad essere integrato in una conoscenza globale. Essi riunirono intorno a sé non solo artisti e scienziati, ma anche tecnici di genio, favorendo così un congiungimento che fu la caratteristica di quest'epoca.*"[3]

I prodromi della rinascita

Per l'Europa le prime avvisaglie dell'interesse verso la cultura ellenistica si colgono nel XIII secolo, quando: "*la penisola iberica e la Sicilia, riconquistate all'Islam, insieme all'Italia meridionale, rimasta da sempre in contatto con Costantinopoli, costituiscono importanti punti d'incontro tra la cultura europea e la tradizione scientifica risalente all'ellenismo. Negli stati sorti dalla Riconquista è possibile trovare opere ellenistiche e studiosi arabi in grado di capire, almeno in parte, il contenuto. Le traduzioni arabe di Elide, di Galeno e di Tolomeo cominciano a diffondersi in Europa. Un altro canale è aperto violentemente dalla IV Crociata, con il saccheggio di Costantinopoli del 1204 e la successiva fondazione dell'impero latino, che provocò fra l'altro un'importante dispersione di manoscritti conservati a Bisanzio.*"[4]

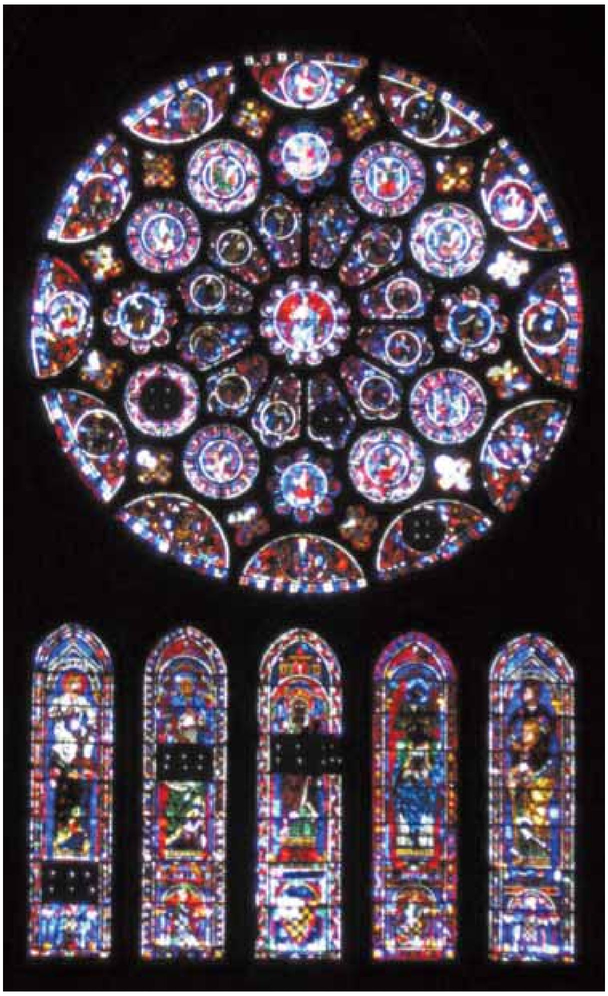
I crociati a Costantinopoli.

Nell'aprile del 1204, infatti, Bisanzio espugnata dai Crociati fu saccheggiata per tre giorni. Un'ingente quantità di antichi codici e preziosi manoscritti finì allora spartita fra le diverse componenti dell'orda: alcuni giunsero in Francia, altri in Germania e, molti altri ancora, a Venezia, grazie alle sue navi. Incredibilmente un numero persino maggiore restò nella disgraziata città, alimentando un mercato con l'Occidente in rapida espansione. Le basilari nozioni che custodivano e tramandavano tornavano così, lentamente, in circolo sebbene persasi ormai la conoscenza del greco fossero solo le loro esplicite illustrazioni a suggerirle. I risultati, comunque, non tardarono a manifestarsi tant'è che: "*risale agli anni intorno al 1230 quello che è probabilmente il più famoso documento sulla tecnologia medievale: il taccuino di appunti di Villard de Honnecourt...* [che] *comprende, tra molti disegni di vario genere soprattutto a soggetto religioso o architettonico, alcuni notevoli meccanismi...* [quali] *una sega idraulica, una macchina per il sollevamento di pesi e un semplice automa...* [nonché] *una sospensione cardanica che è stata considerata più volte il primo esempio nel suo genere, ma consiste essenzialmente in una copia dell'illustrazione relativa al capitolo 56 della Pneumatica di Filone di Bisanzio.*"[5]

3 - Da B. GILLE, *Storia delle tecniche,* Roma 1985, p. 316.

4 - Da L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna,* Milano 2003, p. 384.

5 - Da L. RUSSO, *La rivoluzione...,* cit., p. 386.



Bernardo di Chartres volendo sintetizzare quel proficuo rapporto con gli antichi, coniò una formula di ampio successo nel futuro:"*noi siamo nani*, *ma stando sulle spalle dei giganti possiamo vedere più lontano di loro*".[6] Quasi a voler ribadire quell'affermazione scriveva Ruggero Bacone: "*è possibile costruire macchine per navigare senza rematori così che le grandi navi, fluviali e marine, possano muoversi controllate da un solo uomo più velocemente che se fossero piene di uomini. Parimenti potrebbero farsi carri non tirati da alcun animale, che procedano con incredibile velocità, come crediamo siano stati i carri falcati con i quali combattevano gli antichi. Si potrebbero poi costruire macchine per volare, nelle quali un uomo siede girando un congegno grazie al quale ali artificiali battono l'aria, come in un uccello che vola. Inoltre si potrebbero fare strumenti che siano piccoli in sé, ma che siano sufficienti a sollevare e abbassare pesi enormi, la cui utilità è insuperabile… Si potrebbe anche facilmente realizzare una macchina con la quale un uomo solo può trascinare a sé mille uomini contro la loro volontà e attrarre anche altri oggetti. Si potrebbero anche costruire macchine per camminare nel mare, nei fiumi, scendendo sul fondo senza pericolo per il corpo. Alessandro Magno le usava per vedere i segreti del mare, come racconta l'astronomo Etico.*

Queste cose furono costruite nell'antichità e sono state costruite ai nostri tempi, com'è certo; tranne per la macchina per volare, che io non ho visto, né

6 - È la traduzione di: "*Dicebat Barnardus Carnotensis esse quasi gigantium humeris insidentes, ut possimus plura et remotiora videre, non utique proprii visus acumine aut eminentia corporis, sed quia in altum subvehimur et extollimur magnitudine gigantea*" di GIOVANNI DI SALISBURY, *Metalogicon*, ≈1159, III, 4, nella edizione Oxfors 1929, p. 136.

In alto a sinistra: *presunto autoritratto di Honnecourt.*
A destra, dall'alto: *la cattedrale di Chartres ed un dettaglio del rosone e di alcune vetrate istoriate.*

ho conosciuto chi l'abbia vista; ma conosco uno studioso che ha trovato il modo di progettare questo congegno."[7]

Si avviò così in Occidente il culto degli antichi manoscritti, reputati gli estremi custodi del sapere scientifico e, soprattutto, tecnico originando un'inedita cultura ingegneristica, che in breve s'incrementò vistosamente. La sfasatura temporale tra i suoi primi ed ultimi epigoni, oltre un secolo, testimonia la gradualità della loro diffusione dopo l'instaurarsi del ricco mercato. Pertanto: "*dalla metà del Trecento un flusso di scritti greci provenienti da Costantinopoli si diresse in Italia, e da qui nel resto d'Europa, provocando quello che è detto il «Rinascimento» per antonomasia. Il flusso s'intensificò nel primo Quattrocento. Duecentotrentotto furono, ad esempio, i manoscritti portati da Giovanni Aurispa nel viaggio del 1423.*"[8]

In realtà gli episodi di riscoperta e di recupero della cultura ellenistica, fin qui appena accennati, nel bilancio complessivo del *Rinascimento* andrebbero considerati altrettante partenze fallite. Quella vera, infatti, ancora una volta innescata dalla tragica conquista di Costantinopoli, si ebbe nella seconda metà del XV secolo, fenomeno che di nuovo proprio in Italia attinse l'apice più fecondo, pur nella sostanziale condivisione europea. Diversi, del resto, i livelli culturali in essa vigenti e le potenzialità scientifiche latenti rispetto al XIII secolo e, soprattutto, rispetto all'Europa.[9]

L'investimento turco contro la mitica città fu lanciato, nel marzo del 1452, dal sultano Maometto II: in quegli stessi giorni a Vinci, un paesino della Toscana, veniva al mondo Leonardo: avvenimenti lontanissimi fra loro che avranno, però, singolari correlazioni. Il 28 maggio, al 55 giorno d'assedio, Costantinopoli fu espugnata: la marea nemica irruppe al suo interno, abbandonandosi ad ogni sorta di atrocità sugli sconfitti, la cui sorte in breve assunse una più crudele definizione. I sopravvissuti, ridotti in schiavitù, furono allontanati, per cui: "*tutta la città fu svuotata e spopolata... come se*

7 - La notissima affermazione è tratta da R. BACONE, *Epistola de secretis operibus,* IV (Bacone lettera).
8 - Da L. RUSSO, *La rivoluzione...,* p. 387.

9 - Cfr. G. R. POTTER, *L'istruzione nel XIV e nel XV secolo,* in *Storia del Mondo Medievale,* Milano 1981, vol. VII, pp. 845-881.

In alto: *la conquista turca di Costantinopoli nel 1453.*
Sotto: *Benjamin Constant,* L'entrata di Maometto in Costantinopoli.

Ritratto di Maometto II.

fosse stata distrutta da un incendio, a tal punto che pareva incredibile che un tempo vi fosse stato un luogo abitato da uomini, un luogo pieno di ricchezze, di abbondanza, di opere d'arte di ogni genere. Rimasero solo le case deserte, che con la loro solitudine incutevano paura a chi le riguardava.

Tra i Bizantini e stranieri morirono, a quanto si dice, durante la battaglia e la presa della città circa quattromila persone in tutto, voglio dire fra uomini, donne e bambini. Furono fatti prigionieri poco più di cinquantamila cittadini."[10]

Nonostante ciò, un discreto numero di Bizantini riuscì a sottrarsi a quel terribile destino e, nei mesi seguenti, approdò in Occidente. Tra loro molti dotti, forse perché reputati di infimo valore per la schiavitù, forse perché più lesti a riscattarsi o a fuggire, giunsero gravati dall'unica ricchezza di preziosi codici, miracolosamente sottratti alla distruzione. Si concentrarono per la maggior parte a Venezia, dove iniziarono ad insegnare il greco, consentendo finalmente di comprendere di quei manoscritti oltre ai disegni anche i testi.

Quelle idee, quelle scoperte, quelle invenzioni raccolte nel corso dei secoli a partire dall'epica spedizione di Alessandro ed elaborate da generazioni di studiosi e scienziati, tornavano così nella disponibilità di altri intelletti, avidi di comprenderle, di condividerle e, se possibile, di applicarle. E restando incombente l'incubo turco, la massima attenzione fu riservata ai contenuti relativi agli armamenti e alle tecnologie militari. Ne scaturì un repentino proliferare, ed il conseguente imporsi, di una figura professionale se non inedita radicalmente ridefinita per competenze e potenzialità: l'ingegnere militare.[11]

Un fenomeno che coinvolse professionisti di varie estrazioni, fra cui notai e medici, e li trasformò in altrettanti ingegneri militari, estemporanei inventori d'identici meccanismi, spesso velleitari ed assurdi ma ricchi di suggestioni tattiche. Si aggregò così un *corpus* di tecnologia applicata, una sorta di corso di studi per gli ingegneri, intesi non più come meri costruttori degli *ingegna*, le macchine da assedio, ma nella ben più vasta accezione del momento. Artisti versati nell'ingegneria e ingegneri abili nelle arti, diversi fra loro per entità della preparazione ma uguali per ventaglio di competenze, dei quali Leonardo fu uno dei massimi rappresentanti dell'attività, il migliore per forza evocativa grafica e per acutezza speculativa, ma non certo l'unico né il più originale.[12] Da sommo pittore seppe illustrare magistralmente congegni e meccanismi, divenendone per la superbia del disegno l'ideatore, sebbene non costituissero, in genere, vere novità. In ultima analisi l'apice della neonata ingegneria militare, che diverrà in breve ingegneria *tout court*.

Il mito del genio isolato

La trasfigurazione di Leonardo in una sorta di veggente della futura tecnologia, peggio ancora in un arcigno custode di nozioni sconvolgenti, iniziò a partire dalla metà del XIX secolo, levitando nei

10 - Da CRITOBULO DI IMBRO, *Sulle imprese compiute da Mehmed II negli anni 1451-1467*, in, *La caduta di Costantinopoli*, a cura di A. Pertusi, Verona 1976, vol. II, p. 249.

11 - Circa il significato della nuova accezione di *ingegnere* cfr. G. CERBO, F. RUSSO, *Parole e pensieri. Raccolta di curiosità linguistico-militari*, Roma 2000, alle voci: *genio, ingegnere*. A voler essere più precisi ingegnere definisce un tecnico che costruisce *ingegni*, ovvero *congegni*: entrambi i termini derivano dal vocabolo *genio*. Questo a sua volta da una radice ancora evidente in italiano, che è la medesima del verbo *generare* o dei vocaboli *origine, genealogia, genitale, ginecologia*, ecc., tutti in qualche modo attinenti alla nascita fisica: si originano, infatti, dal sanscrito *gene= partorire, mettere al mondo, dare alla luce* un essere mai esistito, sino a quel momento.

12 - Cfr. U. FORTI, *Storia della Tecnica*, Torino 1974, vol. II, pp. 220 e sgg.

primi decenni del successivo. Complici l'esasperato bisogno di *santi, poeti e navigatori,* che afflisse il Paese in un funesto ventennio e la propensione, purtroppo insopprimibile, alla mitizzazione di *santi, poeti e navigatori,* quell'assurda leggenda s'impose tacitando, con la caparbia tenacia dell'apparentemente ovvio e l'arroganza delle credenze popolari, le rare e timide precisazioni. Gaetano Milanesi (1813-1895), celebre storico dell'arte italiano, commentando le *Vite* del Vasari precisava che: "*la Vita di Leonardo scritta dal Vasari, quanto ben ci ritrae la eccellenza di quel divino ingegno nella pittura, altrettanto è insufficiente a darci ragione della universalità della sua dottrina e della terribile manifestazione del suo intelletto nelle speculazioni fisiche e matematiche. Di maniera che, parendoci che un discorso inteso ad accennare brevemente le investigazioni da lui fatte nelle scienze fisiche e matematiche, e i benemeriti suoi verso quelle, non sarebbe riputato aggiunta inutile alle illustrazioni di questa Vita; abbiamo chiesto ed ottenuto che di questa materia, a noi non familiare, discorresse nel presente Commentario il nostro pregiato amico professor Gerolamo Buonanzia di Siena*[13]*, al quale qui professiamo pubblicamente singolare gratitudine.*"[14] Nessun sospetto nel Milanesi che il Vasari, sempre avido di ogni stupefacente diceria o aneddoto edificante, non si fosse in alcun modo soffermato su tanta anomala genialità! Una mera dimenticanza da apprendista biografo, una lacuna che, in ogni caso, andava colmata, ma non certo indagata! Che poi quell'inspiegabile amnesia fosse condivisa da tutti i contemporanei di Leonardo, non suscitava alcuna perplessità. In altri termini non stupiva, né insospettiva, il silenzio, protrattosi fin quasi la fine del XIX secolo, sulle sue ricerche di meccanica applicata, d'idraulica e di tecnologia militare. Per cui, concludeva il detto professor Buonazia: "*non ostante, più temuto, per quelle che dicevansi le sue arti segrete, che riverito per la sua scienza, morì negletto in terra straniera; i suoi ricordi furono dimenticati, il frutto dei suoi studj rimase lungo tempo ravvolto nell'oscurità,*

13 - Circa il professor Gerolamo Buonazia, va ricordato che fu un pedagogista del XIX secolo, di origine toscana. Intorno al 1860 era ispettore generale delle scuole del Granducato di Toscana entrando a far parte, dopo l'unità d'Italia, nell'amministrazione centrale del Ministero della Pubblica Istruzione. A lui si devono alcune importanti inchieste in merito alla istruzione elementare: la sua opera principale è *Documenti sulla istruzione elementare del Regno d'Italia,* composta fra il 1868 e il 1872.

14 - Da G. MILANESI, *Le opere di Giorgio Vasari con nuove annotazioni e commenti di Gaetano Milanesi,* Firenze 1906, ristampa anastatica, tomo quarto, p. 67 nota 1.

A fianco: *il celebre autoritratto di Leonardo da Vinci.*
Sotto: *la tomba di Leonardo.*

nessuno dei suoi trattati fu pubblicato lui vivente, e il tesoro della sua scienza portata a così alto grado di perfezione cadde dalle sue mani senza trovare chi allora lo raccogliesse."[15]

Bisogna attendere la monumentale edizione Hoepli del *Codice Atlantico*[16] redatta fra il 1894 ed il 1904, e la non minore, appena successiva, *Raccolta vinciana* fondata a Milano nel 1905 in venti volumi, per una prima diffusione integrale e ampia del pensiero e delle opere di Leonardo. Non è un caso che il primo studio ragionato sui disegni di Leonardo con relativo catalogo sia stato pubblicato a Londra nel 1906 da Berenson, e poi ancora, riveduto e ulteriormente accresciuto, a Chicago nel 1938 e quindi a Milano nel 1961. Fra le date estreme una vasta bibliografia, in Italia e all'estero: praticamente nulla, invece, prima del 1904 ad eccezione di alcuni compendi o, per meglio dire, inventari sui contenuti dei codici noti, editi a Londra in due volumi da J. P. Richter nel 1883. Del resto quanto misteriose fossero le carte di Leonardo lo conferma l'imperial regio commissario austriaco, responsabile della Lombardia dopo la parentesi napoleonica, che scorrendo il *Codice Atlantico* lo ritenne un manoscritto cinese e, perciò, privo di valore![17] Quale sia stata poi la dispersione delle opere di Leonardo la si può arguire dal ritrovamento, ancora nel 1966, di due codici nella *Biblioteca Nacional* di Madrid, d'inequivocabile paternità, classificati oggi *Madrid I* e *II*, contenenti il 20% dei suoi disegni pervenutici.[18]

Giacché nel lungo intervallo intercorso fra la morte e la divulgazione della sua opera tecnica, non fu possibile confrontare quanto da lui raffigurato con quanto, anno dopo anno, la tecnologia febbrilmente approntava, la fama di Leonardo fu sorretta sempre e solo dalla pittura. E forse fu proprio per quella straordinaria rinomanza che i disegni e le carte di Leonardo scamparono alla sorte, comune a tanti altri di non minore interesse, di finire, quando non distrutti, sepolti in un polveroso archivio, da dove nessuno li ha più tratte o si è mai dato la pena di vagliarne i contenuti!

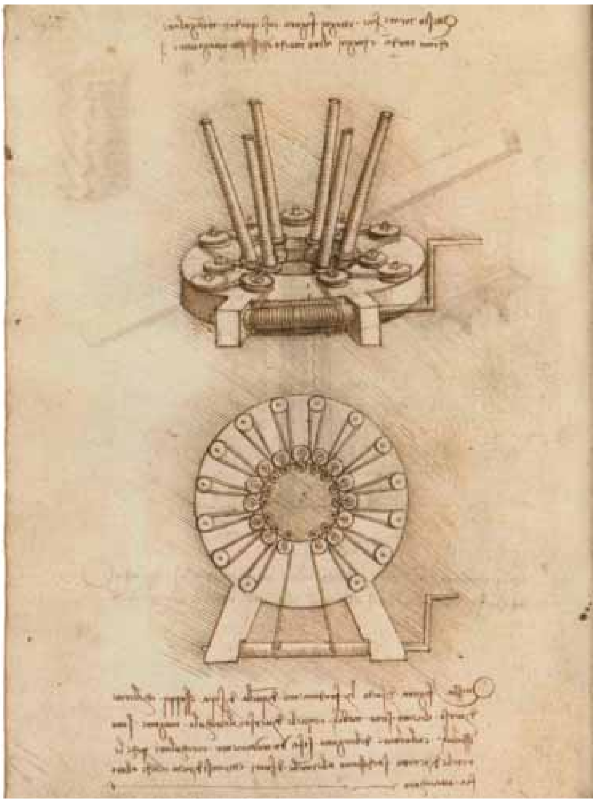
Omo sanza lettere

In definitiva, Leonardo non va considerato il solitario profeta della futura tecnologia ma uno dei massimi epigoni della trascorsa, non diverso in ciò dai suoi numerosi colleghi precedenti e successivi. Un ottimo ingegnere-artista, con le canoniche coeve competenze professionali spazianti dall'architettura, alla scultura, dalla pittura all'anatomia, dalla musica alla meccanica, dall'artiglieria alla poliorcetica, dall'idraulica all'alchimia. Ambiti e conoscenze in apparenza distinti e distanti fra loro, ma nella vigente cultura intimamente complementari. Per dipingere si reputava indispensabile la minuziosa conoscenza del corpo umano, che solo l'anatomia garantiva; per edificare un qualsiasi edificio occorreva costruire pure le macchine elevatrici, che solo la meccanica consentiva; per erigere efficaci fortificazioni bisognava conoscere le artiglierie che solo la pratica con i cannoni forniva! Queste alcune delle competenze indispensabili agli ingegneri rinascimentali, che soltanto un lungo ed articolato tirocinio pratico poteva assicurare.

Tirocinio, pertanto, specifico di un determinato profilo professionale diversificato nei qualificati dal

15 - Da G. MILANESI, *Le opere...*, cit., p. 86.
16 - La specificazione *Atlantico*, non ha alcuna attinenza o riferimento all'omonimo oceano: precisa soltanto il formato gigante dei fogli, lo stesso correntemente utilizzato per la stampa degli Atlanti.

Sotto: una pagina del codice Madrid I.



17 - Cfr. S. CREMANTE, *Leonardo da Vinci,* Milano 2005, p. 354.
18 - Si tratta di due manoscritti cartacei con rilegatura in marocchino rosso. Il primo, composto tra il 1490-96, comprende 192 fogli ed, in ragione dei contenuti, è suddiviso in due parti. Il secondo, composto tra il 1503-05, contiene a sua volta 157 fogli ed è diviso in due manoscritti inerenti alla geometria.

Ritratto di Ludovico il Moro.

grado di apprendimento ed abilità grafica, non di rado esito di doti naturali più che di esercizio. Per il resto: "*tutte queste abilità erano trasmesse empiricamente da generazioni di artisti, ricercatori e sperimentatori; ma da qualche tempo, e specialmente a Firenze, l'empirismo si andava armando di scienza. La matematica, che l'ingegno acuto del Brunelleschi aveva applicato all'ottica... andava permeando di sé tutta la scienza degli sperimentatori e rinsaldando in essi il rigore del metodo. D'altra parte, il Ghiberti nei suoi Commentari raccomandava al pittore di ammaestrarsi nella grammatica, geometria, filosofia, medicina, astrologia, prospettiva, storia, anatomia, disegno e 'arismetrica'.*

Le arti meccaniche e le liberali s'erano così avvicinate, e non fa meraviglia che nella mente di Leonardo si ritrovino tutti questi interessi, né che dopo, tre lustri di attività in Firenze, egli si dichiari nella lettera al Moro capace di compiere tutte le opere che si richiedevano a un ingegnere."[19] Per esattezza a un qualsiasi ingegnere e non solamente a un genio!

Altrettanto comune all'intera categoria la sostanziale ignoranza umanistica, estremo retaggio di una più vasta e generalizzata ignoranza, prettamente medievale. Pochi artisti ingegneri sapevano scrivere correttamente, pochissimi far di conto senza grossolani errori, pressoché nessuno poi andava oltre i rudimenti del latino. Quanto al greco, a lungo se ne ignorò persino l'alfabeto! La celebre autodefinizione leonardesca di *omo sanza lettere* non va presa, perciò, quale professione di modestia, ma piuttosto come cosciente percezione dell'insufficiente preparazione culturale. La vera curiosità, se mai, è nel perché Leonardo avverte a tal punto quella carenza, da dolersene e da tentare in qualsiasi modo di ridurla! È stato più volte precisato e ribadito, che quella frustrazione scaturiva dall'essere il latino la lingua dei dotti, ambito dal quale, per ovvia conseguenza, Leonardo si sarebbe sentito escluso e incapace di comunicare. Ma i dotti, già dall'epoca di Dante, non ignoravano le opere in volgare che, sia pure con affettato disgusto, leggevano correntemente, per cui la spiegazione è poco condivisibile. Senza contare che Leonardo non perde occasione per manifestare la sua assoluta disistima per quel mondo ipocrita e ignorante: "*so bene che, per non essere io letterato che alcuno presuntuoso gli parrà ragionevolmente potermi biasimare coll'allegare io essere omo sanza lettere. Gente stolta! Non sanno questi tali ch'io potrei, sì come Mario rispose contro a' patrizi romani, io sì rispondere, dicendo: «Quelli che dall'altrui fatiche se medesimi fanno ornati, le mie a me medesimo non vogliano concedere». Diranno che, per non avere io lettere, non potere bene dire quello di che voglio trattare. Or non sanno questi che le mie cose son più da essere tratte dalla sperienzia, che d'altrui parola; la quale fu maestra di chi bene scrisse, e così per maestra la piglio e quella in tutti i casi allegherò.*"[20] In termini più espliciti non sono le dotte citazioni a rendere importante una ricerca, ma gli esiti della dura e paziente sperimentazione che ha alle spalle: affermazione tutt'ora validissima ma ben poco attinente alla nobiltà della lingua usata! Concetto, tuttavia ulteriormente ribadito con queste parole: "*le buone lettere so' nate da un bono naturale, e perché si de' più saldare la cagione che l'effetto, più lalderai un bon naturale sanza lettere, che un bon letterato sanza naturale.*"[21]

Lo stimolo ad apprendere il latino, perciò, non poteva scaturire da una sindrome di esclusione, tesi per lo meno forzata poiché ad escluderlo da un supposto consesso di dotti, se mai, sarebbe stata la disistima

19 - Da A. MARINONI, *Leonardo da Vinci Scritti letterari*, Milano 1974, pp.13-15.

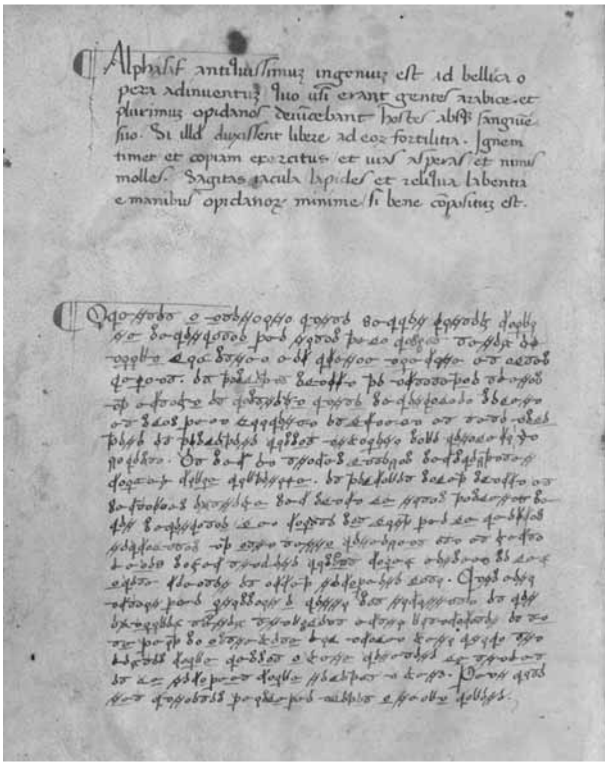
20 - *Proemio 6 di Leonardo da Vinci* tratto da A. MARINONI, *Leonardo...*, cit., pp. 148-49.

21 - *Proemio 12 di Leonardo da Vinci* tratto da A. MARINONI, *Leonardo...*, cit., p. 149.

di cui era vittima la sua professione, indipendentemente dalla lingua che avesse usato! Ed è certamente emblematico osservare che i trattati di Leon Battista Alberti (1404-1472) anche quando furono scritti in latino, da lui pienamente conosciuto, vennero subito tradotti in volgare per divulgarli, rendendoli più adeguati alla società che si stava rapidamente organizzando. Concetto che espresse chiaramente in altre sue opere, affermando che l'uso del volgare costituiva il mezzo migliore per raggiungere un pubblico più vasto, posizione che trovava ampia condivisione fra gli intellettuali della corte dei Medici. Anche Francesco di Giorgio Martini (1439-1501) redigerà il suo *Trattato di architettura civile e militare* in volgare, senza crearsi alcun problema per la sua condivisione culturale.

Plausibile, pertanto, ravvisare alle spalle di quella strana esigenza di Leonardo, non il bisogno di esprimersi correttamente ma quello di comprendere correttamente, cioè di riuscire ad interpretare personalmente il contenuto dei codici antichi e non dedurlo dalle illustrazioni o dalle altrui traduzioni, che verosimilmente non sempre condivideva! In definitiva *omo sanza lettere* non perché incapace di scrivere ma perché incapace di leggere non solo e non tanto il latino, del quale disponeva di validi traduttori fra le sue conoscenze[22], quanto il greco e l'arabo. Nelle sue riflessioni si percepisce questa sorta di ostacolo e spesso si avverte anche il suo sentirsi: "*sperduto in tutto questo mondo del passato che risorge davanti ai suoi occhi. A ogni riga che scopre, a ogni fenomeno che svela, egli deve fare appello ad altri, per farsi spiegare, per farsi commentare testi che molti capivano solo a metà.*

E per aver ignorato tutto questo passato che lo aveva prodotto, si è presentato Leonardo come un inventore fecondo, mentre non v'è la minima traccia di invenzione in tutto l'ambiente da cui egli usciva. Una curiosità immensa e attenta, e l'immaginazione di tutta quell'epoca, hanno potuto far credere all'esistenza di un genio inventivo, che era del tutto estraneo agli uomini di quel tempo... Sarebbe stato senza dubbio sorprendente, se Leonardo fosse stato davvero quel precursore incomparabile qual è stato spesso descritto, che non avesse avuto alcun allievo. Scartiamo l'immagine di un uomo che nasconde le sue scoperte per non spaventare il mondo. Si tratta solo di una falsa vanità, alla quale non poteva credere nemmeno lui. E a proposito della sua scrittura



Una pagina cifrata tratta da un codice di Giovanni Fontana.

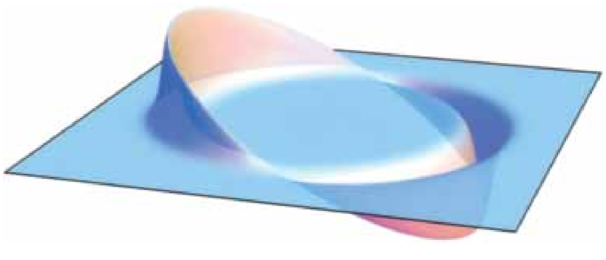
speculare, ricordiamo che Fontana aveva fatto ricorso prima di lui a una scrittura crittografica. Taccola aveva fatto riflessioni analoghe. In un mondo in cui il sapere si trasmetteva ancora in gran parte per via orale, gli scritti non avevano molta importanza... Nel corso del Quattrocento si era manifestato un nuovo apporto, che derivava da un'antichità di cui si era ripresa coscienza... Valturio e, sul suo esempio, Leonardo, avevano derivato dagli Antichi tutto un macchinario bellico che non poteva far fronte ai progressi della artiglieria. Era la moda dell'epoca... È difficile classificare Leonardo, ed è in questo senso che egli è parso eccezionale. Ma si deve senza dubbio alla nostra ignoranza della vita e del pensiero esatto dei suoi predecessori... Sarebbe estremamente suggestivo cercare non le idee totalmente originali, non li errori flagranti, ma il fondo comune, scientifico e tecnico, di una generazione, con le sue zone di incertezze e le sue verità ammesse."[23]

Il ritorno del passato

Nella prolusione enunciata nel 1991, durante la cerimonia di fondazione della nuova Biblioteca di Alessandria, si evidenziò il ruolo di avanguardia

22 - Tra questi spicca la figura di Luca Pacioli (1445-1517), religioso e celebre matematico autore di numerosi trattati sulla materia. Alla corte di Ludovico il Moro a partire dal 1497 collaborò con Leonardo, per lo più traducendogli brani dal latino.

23 - Da B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento,* Varese 1972, pp. 166-68.



In alto: *ripresa aerea delle nuova Biblioteca di Alessandria.*
Sopra: *la strana somiglianza del progetto della nuova Biblioteca con il grafico di una funzione matematica.*

della scienza futura che svolse nella stessa città l'antica omonima istituzione, dove per la prima volta si adottò il metodo sperimentale. Si ricordò, inoltre, che le: "*conquiste della scienza alessandrina, perdute per l'Occidente per più di un millennio prima della loro parziale riscoperta attraverso Costantinopoli e le culture classica, araba ed islamica, furono essenziali per dare inizio al Rinascimento europeo nella sua ricerca di nuovi mondi. In questo senso e come mezzo di trasmissione della cultura greca in generale, l'antica Biblioteca di Alessandria sopravvive come legame essenziale con una tradizione vivente.*"[24]

L'allusione al ruolo svolto dalla scienza alessandrina nel nostro Rinascimento, che a prima vista sembra una vacua retorica, e per noi italiani persino un'illazione irriverente, a una più seria indagine si conferma del tutto concreta. Qualsiasi fregio di monumentale edificio romano, qualsiasi raffigurazione vascolare di età classica, qualsiasi affresco di villa patrizia, qualsiasi rilievo su monete romane o su steli funebri di epoca imperiale, che ci tramandi un'allusione tecnica si rifà, implicitamente o esplicitamente, alla cultura ellenistica elaborata e diffusa dalla mitica Biblioteca. Nessuna meraviglia che proprio da quella massa di suggerimenti, accentuati da manoscritti e codici che iniziavano a circolare, tanti artisti-ingegneri dell'ultimo Medioevo e del primo Rinascimento trassero spunto. Non lo fecero esclusivamente per le loro pitture e sculture ma, soprattutto, per i loro congegni e le strane invenzioni, che andavano elaborando in maniera sostanzialmente concorde. Difficile credere che le stesse idee siano venute ad un gran numero di tecnici artisti nello stesso momento, e con le medesime articolazioni! Ovvio presumere allora che la trasmissione e l'apporto avvennero attraverso un flusso di informazioni e di sapere scientifico molto più consistente e cospicuo, alla cui base vi fu senza dubbio la cultura ellenistica e il cui apice, non a caso, coincide con il punto di partenza del Rinascimento.

Pertanto ogni reminiscenza dei remoti traguardi tecnici alessandrini, percepibile nei similari congegni disegnati da tanti artisti-ingegneri del Trecento e del Quattrocento, è una testimonianza di quell'unica matrice. In quanto tale, costituisce il vero fattor comune che lega l'intera produzione scientifica rinascimentale a quella straordinaria istituzione del III secolo a.C., fornendo al suo glorioso passato uno straordinario avvenire! Sotto molti aspetti la curiosità verso la meccanica applicata, che ebbe la maggior parte degli ingegneri rinascimentali, costituì l'anello di congiunzione tra la scienza e la tecnica, il tramite che permise loro di apprezzare quei remoti spunti iconici. Tentare di ripeterli, di verificarli, di elaborarli ulteriormente fu un piccolo passo. Giustamente proprio ad essi: "*si deve la formazione di quella scienza moderna che vien detta meccanica applicata alle macchine; e la loro opera si distingue dalle opere anteriori, perché più nettamente conscia dei suoi fini, e più in generale dei suoi scopi. Come Leonardo essi operano per una generalizzazione dell'uso delle potenze offerteci dalla*

24 - Da D. A. FLOWER, *I lidi della conoscenza. La storia della antica Biblioteca di Alessandria,* Roma 2002, p. 32.

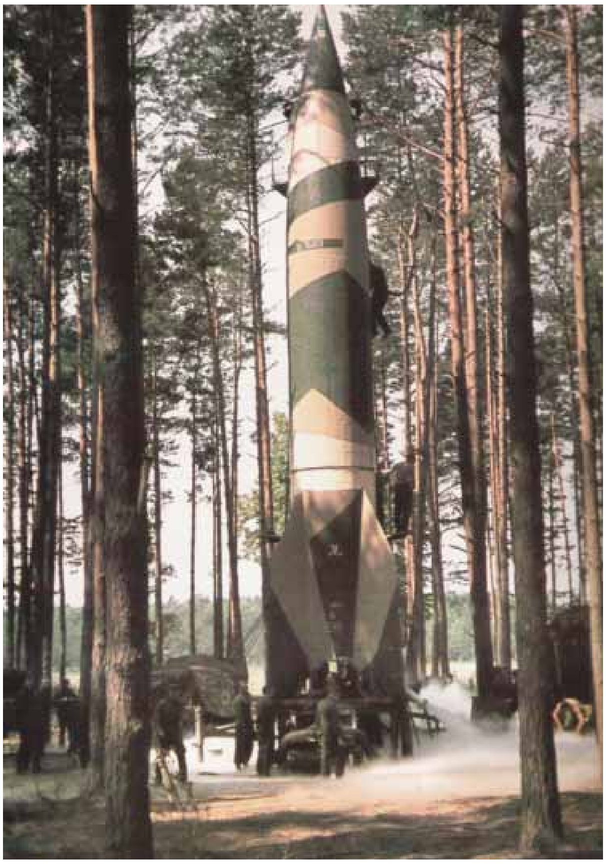
natura, e sebbene le sorgenti di potenza ai loro ordini fossero limitate, essi raggiunsero chiaramente una nuova concezione delle potenzialità dei meccanismi... Il titolo di 'ingegnere', distinto da quello di architetto, fu usato per la prima volta da Solomon de Caus (1576-1626?), e dalla Francia passò ad altri paesi, significando dapprima, 'ingegnere militare', mentre 'architetto' equivaleva ad ingegnere civile. Solo nel '600 queste parole acquistarono il loro significato moderno."[25]

Tralasciando di approfondire come avvenne il travaso di tante nozioni ellenistiche in epoca rinascimentale ci sembra più interessante, invece, stabilire la loro origine e il perché del loro imponente accumulo. E persino di più, individuare dove e quando esplose quella che, non a caso, è stata considerata una vera rivoluzione culturale, innescata proprio dal superamento della massa critica scientifica. Occorre premettere che sebbene per la logica sia evidente il contrario, la velocità di avanzamento dell'evoluzione tecnologica non fu costante né, peraltro, il processo avvenne in maniera lineare monotona. Fu, invece, un andamento oscillante, con scatti improvvisi, intervallati da lunghi periodi di stasi e non rari regressi. La correlazione storica evidenzia il ruolo propulsore dei conflitti: basti a esemplificarlo la tragica e recentissima ultima guerra mondiale, un quinquennio iniziato con i biplani di legno e tela e concluso con gli aerei a reazione; scandito dal rombo dei cannoni e terminato col boato dei missili; rischiarato dal sinistro lampeggiare delle granate e chiuso dal bagliore nucleare! In appena un lustro un balzo evolutivo che supera quello lentamente elaborato nell'intero secolo precedente. Esempi altrettanto emblematici, ma ovviamente non altrettanto vistosi, punteggiano il passato confondendosi nel generico progresso. Sensato, pertanto, collocare alle spalle della rivoluzione ellenistica l'epica impresa di Alessandro Magno, nonostante la sua effimera durata: un lampo i cui barbagli tuttora rischiarano le tenebre del passato.[26]

25 - La citazione è tratta da U. FORTI, *Storia della...*, cit., vol. II, p. 235.

26 - Circa la bibliografia su Alessandro il Macedone, cfr. A. M. CHUGG, *The lost tomb of Alexander the Great*, London 2005, pp. XIII-XXI.

In questa pagina: *il confronto tra un biplano Gloster Gladiator ed un Messerschmitt Me 262A e tra un cannone francese del 1940 ed una V2 tedesca del '45.*



Il perché del singolare fenomeno più che all'immensità della campagna, un'antesignana guerra mondiale, deve relazionarsi alla visione politico-culturale ad essa sottesa. Tanto utopico l'obiettivo di un solo stato mondiale, quanto concreto quello del compendio totale della cultura, incontrata dalla Macedonia all'India. Traguardo che Alessandro, da buon discepolo di Aristotele, perseguì accortamente ritenendolo indispensabile per il governo planetario. Tecnologia avanzata come infrastruttura fondamentale di governo: concezione che faranno propria i Romani, quando le loro conquiste fagociteranno territori immensi. Ma fino ad Alessandro nessun impero era stato lambito da due oceani ed esteso su tre continenti: agli studiosi coerentemente voluti nel seguito, fu offerta così una opportunità straordinaria di apprendere le più avanzate nozioni della scienza cinese, indiana, egiziana e persiana: le massime civiltà vigenti. Mai prima e mai più dopo di allora, gli scienziati potranno indagare, vagliare e sintetizzare liberamente tante e tanto disparate esperienze e conoscenze! Un immenso repertorio di osservazioni geografiche, geologiche, biologiche, fisiche, astronomiche e tecnologiche, sempre debitamente registrate, finirono in ponderosi taccuini, veri collettori culturali della mitica campagna. La mole delle nozioni ebbe in seguito ulteriori approfondimenti ed elaborazioni: molte restarono allo stadio di mera curiosità, molte conobbero importanti applicazioni, tutte divennero substrato culturale della cultura ellenistica.

Pertanto: "*nei tre secoli che incominciano nel 330 a.C., le frontiere della civiltà furono ulteriormente portate innanzi finché una zona continua di Stati che conoscevano la scrittura si estese dall'Atlantico al Pacifico. La nuova economia, finora realizzata soltanto nel Mediterraneo orientale, giunse a dominare l'Europa atlantica e l'Asia anteriore, e all'ultimo trovò nell'Impero romano espressione politica per l'unità che creò. Questo risultato fu raggiunto in due tappe principali.*

Nella prima, i Greci stessi, sotto la guida di Alessandro di Macedonia, ereditarono l'Impero persiano come organismo efficiente, estendendo l'economia della polis fino all'Indo e allo Jaxarte. Nello stesso tempo i Siracusani fondavano un impero greco più piccolo in Occidente (sotto Gerone), mentre i Romani stavano unificando l'Italia secondo linee greche piuttosto che orientali e ampliando la sfera della nuova economia a spese dei Fenici di Cartagine. Nella seconda tappa i Romani, avendo vinto i Greci in Italia e in Sicilia, si annetterono l'impero cartaginese e lentamente assorbirono l'antica Grecia e i suoi nuovi appannaggi dell'Oriente, e portarono l'Europa barbarica con la forza delle armi nel sistema economico mediterraneo…Le conquiste di Alessandro aprirono l'Asia al commercio greco e alla colonizzazione greca… Attraverso questa nuova provincia un particolare dialetto greco fu compreso ovunque, cosicché le idee potevano circolare -e circolarono- liberamene. L'unità del mezzo di scambio, nuove strade, porti e fari migliorati e navi più grandi facilitarono relazioni e traffici. L'unità politica e monetaria creata da Alessandro non doveva invero sopravvivergli… [ma] *non doveva porre in oblio l'unità culturale creata da Alessadro.*"[27]

Con la morte di Alessandro il tanto proficuo contatto, prodigiosamente instaurato fra l'Europa, l'Africa e l'Asia e le rispettive civiltà, fino allora pressoché reciprocamente ignote, si dissolse altrettanto fulmineamente di come si era stabilito. Cessò perciò in maniera assoluta ogni travaso tecnologico, già intensissimo in quell'effimera fusione. Quella sorta di tunnel spazio-temporale svanì del tutto, fatto salvo l'esilissimo legame dell'itinerario della seta. Quanto al destino dell'immenso impero: "*l'opera avviata dai Macedoni viene proseguita in uno scenario caratterizzato da complotti, guerre e discordie dalle quali scaturiscono i quattro regni ellenistici d'Egitto, Siria, Pergamo e Macedonia. Tutto il mondo deve riordinarsi dandosi nuove leggi, istituzioni, forme politiche. Le monarchie che nacquero sulle ceneri del grande Impero macedone erano, in realtà, il tipo di governo più collaudato, proseguimento dei regimi tirannici che già i Greci avevano sperimentato… La soluzione monarchica determina nel popolo un allontanamento dalla vita politica, ponendo l'uomo greco in una posizione opposta a quella che egli riteneva gli spettasse per tradizione: non a caso nei secoli dell'ellenismo assistiamo all'affermazione di un forte individualismo. Irraggiungibile il re, tenuta sotto controllo la popolazione urbana scontenta per l'eccessiva pressione fiscale, la sola protagonista è l'aristocrazia. Essa è composta da nobili di origine locale, personaggi di corte e intellettuali, gli unici legati alla città e alle intuizioni che in essa sorgono. Questo è il tipico cittadino ellenistico per il quale si produce nuova cultura e si aprono istituzioni educative. Con i fondi recuperati dalle entrate fiscali, i monarchi si circondano di professionisti ricercati innanzitutto per questioni governative e militari.*

27 - Da V. G. CHILDE, *Il progresso nel mondo antico,* Milano 1975, pp. 241-42.

L'organizzazione della cultura pensata dai sovrani alessandrini verte sulla fondazione di due grandi istituzioni, il Museo e la Biblioteca, e sul progetto di raccogliere tutto il materiale letterario, filosofico, scientifico esistente... Le ricerche che hanno luogo attorno al Museo di Alessandria manifestano la tendenza a trattare le discipline in modo specialistico, direzione del resto già intrapresa dalla scuola aristotelica. La ricerca si è ormai separata dalla religione e dalla filosofia e i contorni di studi come la geometria, l'astronomia, l'anatomia sono sempre più netti. In questo fervore di idee, in questo spostamento continuo di uomini si colloca l'importantissimo fenomeno della fondazione di biblioteche che, sebbene non precisabile nei suoi esordi tramite le fonti, è da riferire a questo momento. I regnanti egizi avevano ben chiaro lo stretto legame esistente tra scienza e politica e sapevano quanto del successo di Filippo e di Alessandro dipendeva dagli ingegneri che avevano lavorato per loro".[28]

Si spiegano, così, le numerose e altrimenti improbabili coincidenze tra la civiltà orientale ed occidentale del Mediterraneo, che non di rado tradiscono una matrice comune con un sensibile sfasamento cronologico. Fra queste, senza dubbio, la più strabiliante e forse emblematica è l'evidente affinità politico-culturale fra i regni ellenistici e le signorie rinascimentali italiane. Analogia che forse costituì il presupposto ideale, un vero brodo di cultura, per il trapianto della conoscenza tecnologica alessandrina in Italia, sul finire del Medioevo.

Quanto ne sappiamo

A partire dagli anni immediatamente successivi alla morte del suo fondatore, ed in particolare dall'avvento del III sec. a.C., Alessandria registrò un tumultuoso sviluppo sia economico che demografico, al punto da farla includere nell'esiguo ambito delle maggiori metropoli del mondo antico. Del resto la città era assurta a capitale del regno d'Egitto, già dall'indomani dello smembramento dell'effimero Impero del Macedone. Come accennato, infatti, quell'immenso aggregato: "*fu diviso tra i suoi generali che governarono per un po' in nome del fratellastro o del figlio, ma presto si proclamarono re indipendenti. L'Egitto capitò al più abile e discreto di questi generali, un macedone di nome Tolomeo. Egli non era un idealista ambizioso e non desiderava né ellenizzare il mondo né armonizzarlo. Ma non era neanche un cinico e rispettava sia l'attività della mente che quella del corpo. Aveva assistito alla fondazione di Alessandria, ed evidentemente aveva deciso che il luogo gli sarebbe andato bene. Quando si stabilì nella città incompiuta, cominciò ad arricchirla di architettura, sapere scientifico e musica... Proprio all'inizio del suo governo fu coinvolto in una strana guerra per il possesso della salma di Alessandro... Prima di morire aveva assunto i titoli di Re e Sotere (Salvatore), e annesso al regno la Cirenaica, la Palestina, Cipro e parti della costa dell'Asia minore. Alessandria era la capitale e il centro geografico di questo notevole dominio.*"[29]

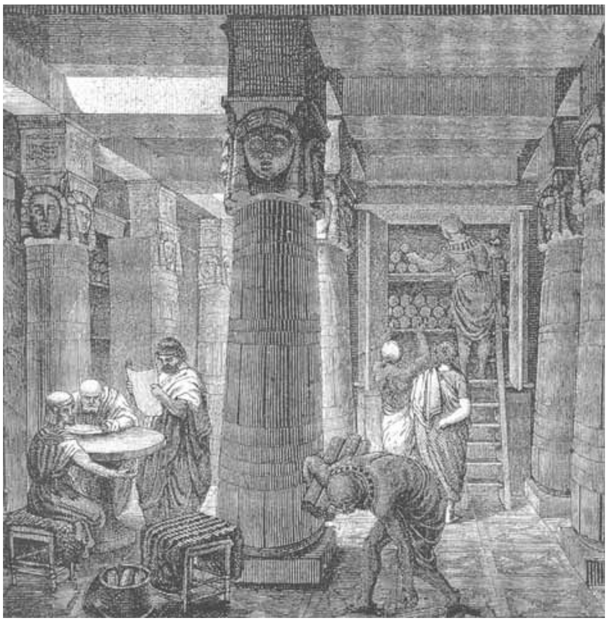
In estrema sintesi, mentre la nascita di Alessandria d'Egitto deve ascriversi al Macedone la celebrità, invece, va ricondotta alla dinastia dei Tolomei, in particolare ai suoi primi tre sovrani e, soprattutto, ad una loro originale istituzione culturale, priva di qualsiasi analogo precedente e foriera di straordinari sviluppi. Infatti la: "*fondazione della scuola di Alessandria fu un evento notevole nella storia della vita intellettuale. Si trattò di un atto premeditato, compiuto dalla volontà di un principe che decise di attrarre nella nuova metropoli egiziana i dotti e gli artisti più celebri.*"[30] Al di là degli effettivi meriti di Tolomeo Sotere, la stessa idea di un antesignano istituto

28 - Da G. DI PASQUALE, *Tecnologia e meccanica. Trasmissione dei saperi tecnici dall'età ellenistica al mondo romano*, Firenze 2004, pp. 90-91.

29 - Da E. M. FORSTER, *Alessandria d'Egitto. Storia e guida*. Palermo 1996, pp. 42-43.

30 - Da M. DAUMAS (a cura di), *Storia della scienza*, Bari 1969, vol. I, p. 46.

Sotto: *ricostruzione grafica della Biblioteca di Alessandria.*



politecnico per la ricerca scientifica avanzata, si conferma tipica della sensibilità culturale di Alessandro, che solo molto vagamente può ricondursi all'Accademia ed al Liceo di Atene, confermandosi per l'epoca una vera rivoluzione. L'allievo di Aristotele non solo non aveva dimenticato i suoi insegnamenti nel corso della sua breve vita, ma era risuscito a imporli pure dopo la morte, grazie anche all'intervento di un altro allievo del sommo filosofo: Demetrio, già tiranno di Atene.

Tuttavia, per alcuni studiosi, si trattò di un esito obbligato, quasi una astuta mossa per tenere lontano i dotti dal potere. Non a caso, infatti, i Tolomei ottennero i: "*risultati migliori in campo scientifico* [piuttosto che] *letterario in quanto la scienza non poteva criticare il loro diritto divino, e questo apporto, massimo conseguimento della dinastia, rese per sempre famosa Alessandria. La scienza era stata studiata nell'antica Grecia, ma senza continuità: era mancata la coordinazione, non c'erano laboratori e sebbene si potessero supporre o scoprire verità importanti, queste correvano il rischio di venire dimenticate in mancanza di una adeguata divulgazione. La creazione del 'Mouseion' fu una svolta radicale. Lavorando sotto il patrocinio reale e con ogni mezzo a disposizione, la scienza raggiunse nuovi traguardi e fece doni di rilievo all'umanità.*"[31]

31 - Da E. M. FORSTER, *Alessandria...*, cit. p. 66.

In alto: *ricostruzione grafica della baia di Alessandria con in primo piano il faro.*
A fianco: *busto di Tolomeo I Soter, Museo del Louvre, Parigi.*
Sotto: *una moneta coniata durante il regno di Tolomeo I.*

Il *Mouseion*, infatti, oltre ad essere la principale novità architettonica della città, fu anche la maggiore istituzione culturale della dinastia.

Sotto diversi aspetti ricordava un *campus* universitario britannico o statunitense. A dirigere il complesso, invece di un rettore, un Bibliotecario, qualifica attualmente modesta ma che in quell'avveniristica istituzione designava l'altissima personalità scientifica posta a dirigerla dallo stesso sovrano. Quale che ne sia stata la genesi culturale e politica, non vi è dubbio che la grandiosa iniziativa vada ritenuta la vera eredità di Aristotele, il cui spirito aleggiava:"*tra quegli scaffali, tra quei rotoli ben ordinati, sin da quando Demetrio aveva trapiantato lì l'idea del maestro: una comunità di dotti isolata verso l'esterno, fornita di una biblioteca completa* [cioè dotata di tutti i libri allora esistenti, editi dovunque ed in ogni lingua n.d.A.] *e di un luogo di culto delle Muse. Il legame si era rinsaldato con il lungo soggiorno a corte di Strabone. «Il metodo e il genio dello Stagirita» ha scritto un dotto francese «presiedevano di lontano all'organizzazione della biblioteca».*"[32]

Volendo meglio delineare la connotazione del *Mouseion,* dal momento che: "*tutti gli edifici che lo componevano sono scomparsi, si può solo immaginare dove si trovasse veramente; forse una facciata era di fronte al Soma, ad ovest dell'attuale rue Nebi Daniel. Nel suo interno si trovavano aule, laboratori, osservatori, una biblioteca, un refettorio, un parco, uno zoo... Fu fondato da Tolomeo Sotere...* [e da] *un discepolo di Aristotele, Demetrio Falereo... secondo i criteri del Museo Ateniese, una istituzione filosofica che aveva contenuto la biblioteca di Aristotele. Il Mouseion di Alessandria era comunque destinato ad essere affatto diverso dal suo modello. In primo luogo era di gran lunga più ricco e vasto...* [e per molti] *aspetti somigliava ad una università attuale, anche se studiosi, scienziati e letterati che... accoglieva non avevano l'obbligo di insegnare e dovevano soltanto continuare gli studi per accrescer la gloria dei Tolomei.*

La Biblioteca, chiamata anche Biblioteca «madre» per distinguerla da una raccolta successiva e più ampia, ne costituiva il settore più famoso. La carica di «Bibliotecario» era di estrema importanza, poiché chi la occupava era il funzionario capo del Mouseion..."[33]

Palazzo, Museo e Biblioteca

Culla di quel singolare fenomeno gravido di conseguenze non furono, in realtà, il Museo e la Biblioteca, pur nella loro rilevanza e singolarità, ma l'intero complesso detto genericamente Palazzo. Questo, al di là del nome, più che un unico edificio lo si deve considerare un vasto ed articolato aggregato di edifici. Quanto alla sua collocazione cronologica, spazia dal 323 al 222 a.C., ovvero dall'ascesa del primo sovrano Tolomeo Sotere, alla morte del suo terzo discendente Tolomeo Emergete. Tentare di descrivere con più precisione quella straordinaria costruzione appare impossibile: con buona probabilità si trattò di una sorta di cittadella chiusa del tipo, forse, della cosiddetta *Città Proibita* di Pechino o della residenza di Adriano a Tivoli. In tal caso Reggia, Museo e Biblioteca vanno intesi come sezioni, più o meno distinte ed autonome, di quell'unico complesso definito convenzionalmente Palazzo, all'interno di

32 - Da L. CANFORA, *La biblioteca scomparsa,* Palermo 2004, pp. 47-48.
33 - Da E. M. FORSTER, *Alessandria...,* cit. pp. 48-49.

In alto: *planimetria storica di Alessandria.*
A fianco: *veduta aerea di Villa Adriana a Tivoli.*

un'area chiusa. Per cui: "*se furono parte del recinto reale, come sembrerebbe, devono essere sorte tra lo splendore orientale al quale Tolomeo I si era abituato mentre si trovava alla corte di Alessandro Magno a Babilonia.*

Ciò significava enormi sale marmoree piene di statue e di preziosi tappeti e arazzi, circondate da cortili e giardini adornati da fontane e piante aromatiche, dove pavoni e animali vagavano liberamente.

Il Museo, concepito sulla linea del Liceo di Aristotele aveva una passeggiata (peripatos), una galleria (esedra) e un sacrario delle Muse (mouseion) dal quale si supponeva provenissero le ispirazioni artistiche, filosofiche e persino scientifiche.

Poco distante deve esserci stato un edificio adibito a refettorio per i membri del Museo e più tardi, quando l'istituzione si ingrandì e vennero offerti anche vitto e alloggio, devono essere state allestite delle stanze in un altro edificio, il tutto amministrato da un sacerdote selezionato dal re.

Oltre a questo sacerdote, che era il titolare, il Museo aveva anche un direttore (epistates) che badava alle finanze e in generale all'amministrazione del luogo e che si assicurava che i membri fossero opportunamente alloggiati e nutriti. Una piacevole sistemazione, dei salari ottimi e l'esenzione dalle tasse erano parte dei vantaggi addizionali che spettavano ai membri dell'istituzione"![34]

Questa inusuale correlazione fra potere e cultura, una simbiosi mutualistica priva di qualsiasi analogia, diede origine ad una superlativa produzione scientifica e artistica. Genericamente definita ellenistica è stata così sintetizzata: "*il Palazzo fornì le sovvenzioni e dette le direttive; il Mouseion rispose con la fantasia o la sapienza e la loro unione fu così completa da sembrare assurda… Odi di vittoria, lamenti funebri, inni matrimoniali, scherzi, alberi genealogici, prescrizioni mediche, giochi meccanici, carte geografiche, strumenti di guerra: di qualunque cosa il Palazzo avesse bisogno, doveva solo informare il Mouseion, e gli studiosi prezzolati si mettevano subito all'opera. Poeti e scienziati non fecero mai niente che potesse dispiacere alla famiglia reale e ben poco che la sconcertasse, poiché sapevano che se non fossero riusciti a soddisfarla, sarebbero stati espulsi dal regno incantato e avrebbero dovuto trovare un altro mecenate per non morire di fame. Non era un accordo ideale, come gli estranei facevano notare, e fin dall'inizio superbia e servilismo macchiarono la cultura alessandrina. Crebbe esclusa, non conobbe mai la solitudine, i pericoli e le glorie dell'indipendenza; ed è un miracolo che si sia sviluppata così come avvenne… Il Palazzo e il Mouseion erano in contatto spirituale e materiale, anche se il primo era più vecchio e potente. Questa loro vicinanza soffocò la filosofia, privando la letteratura del suo sostegno, ma favorì la scienza, tanto che anche le belle lettere furono arricchite di grazie fino ad allora ignorate.*"[35]

Evidente, e foriera di discredito, la dipendenza della istituzione dalla dinastia, ovvero della cultura dal potere e: "*sebbene il Museo e i suoi membri godessero di una certa autonomia e di un ragionevole grado di libertà, qualsiasi cosa stessero facendo, erano comunque parte della società «reale», nel senso stretto del termine, e dipendevano totalmente dai desideri del re, come dovettero scoprire coloro che incorsero nel malcontento reale.*"[36] Emerge, pertanto, oltre alla già ricordata affinità con il contesto delle corti rinascimentali, una singolare affinità con i centri di ricerca scientifica creati negli stati dittatoriali della nostra epoca, spesso di straordinaria valenza ma sempre assolutamente inerti dinanzi alle aberrazioni dei rispettivi regimi. Il perché di tanta indifferenza è forse imputabile all'indagine scientifica pura che non ha, quasi mai, per oggetto esclusivo il benessere dell'uomo, ma piuttosto l'affermazione della superiorità del sistema e di ciò l'istituzione alessandrina ne fu la prima allarmante manifestazione.

Certamente la scienza era stata studiata nella Grecia antica, ma si trattò sempre di iniziative sporadiche, per lo più episodiche e prive di conseguenze. Non di rado, scoperte basilari, prive tuttavia di ogni divulgazione, finirono presto dimenticate, o confusamente ricordate, persino da studiosi dello stesso settore, appena posteriori. Mancava soprattutto l'ampia condivisione della ricerca, senza la quale non era, e non è, possibile produrre conoscenza duratura e foriera di sviluppo in campo scientifico. Forse per caso, forse per scelta, nella ricerca alessandrina quel frustrante limite fu neutralizzato dalla concomitanza di tanti studiosi, di tanti studenti e di tanta pubblicistica, per non parlare dei tecnici e degli artigiani, ai vari livelli. Ma fu superato, senza alcun dubbio, dall'interesse manifesto e munifico del sovrano,

34 - Da D. A. FLOWER, *I lidi della conoscenza. La storia dell'antica biblioteca di Alessandria*, Roma 2002, pp. 58-59. Una identica concezione del Palazzo, ovvero di concentrazione di tutte le cariche dirigenziali dello stato in un unico edificio, o complesso residenziale, persiste in Europa fino al XVIII secolo. Le immense regge di Versailles e di Caserta rispondo appunto a questa concezione.

35 - Da E. M. FORSTER, *Alessandria...*, cit. pp. 58-59.

36 - Da D. A. FLOWER, *I lidi della conoscenza...*, cit., p. 58.

consapevole dei notevoli apporti di quelle conoscenze solo in apparenza innocue specialmente in ambito militare. Pertanto la: "*creazione del Mouseion fu una svolta radicale. Lavorando sotto il patrocinio reale e con ogni mezzo a disposizione, la scienza raggiunse nuovi traguardi e fece doni di rilievo all'umanità. Il III secolo a.C., da questo punto di vista, fu il miglior periodo che la civiltà abbia mai conosciuto, migliore perfino del XIX secolo d.C.. Non apportò né felicità né saggezza- la scienza non lo fa mai- ma esplorò l'universo fisico, mettendo a nostra disposizione elementi fino ad allora sconosciuti. Matematica, geografia, astronomia, medicina si arricchirono e maturarono nell'esigua porzione di terra compresa tra l'attuale rue Rosette e il mare, e se disponessimo di un po' di senso della convenienza, oggi innalzeremmo loro un monumento.*"[37]

La politica della cultura

Se la connotazione architettonica della Biblioteca di Alessandria è improba da stabilire anche in via meramente ipotetica, il criterio informatore ad essa sotteso lo è forse ancora di più. Anche dando per scontato che il modello di riferimento iniziale sia stato il *Mouseion* ateniese, peraltro incomparabilmente minore per entità e per longevità essendo privato ed abbandonato dopo breve tempo, in concreto la grandiosa istituzione tolemaica fu qualcosa di diverso e di originale, specialmente per la modalità di raccolta dei volumi. Stando ad una diffusa diceria, che presto divenne leggenda, sembrerebbe che: "*Demetrio avesse iniziato semplicemente con il suggerire a Tolomeo I di costruire una collezione di libri sulla monarchia e sull'esercizio del potere per uso personale. E avendo ottenuto ciò, andò oltre persuadendo il re che una biblioteca degna di un faraone dovesse ospitare copie di tutte le più importanti opere che fossero state scritte. Un ambizioso e costoso progetto dal momento che comportava l'acquisto o la copiatura di qualcosa come quattrocentomila o cinquecentomila rotoli.*

Ma Tolomeo I aveva i mezzi e la frusta per farlo e presto vennero inviati degli emissari in ogni centro accademico tra Mediterraneo e il Medio Oriente per acquistare, prendere in prestito o rubare le opere dei più eminenti poeti, drammaturghi, filosofi, scienziati e matematici. In alcuni casi Demetrio, che aveva carta bianca, provò ad acquistare intere biblioteche e là dove il denaro o l'arma della persuasione politica non erano possibili egli e il suo padrone ricorrevano all'astuzia. Le navi che attraccavano ad Alessandria o in qualsiasi altro porto egiziano venivano ispezionate alla ricerca di manoscritti che, se trovati, erano confiscati e depositati in magazzini e restituiti solo dopo essere stati copiati. Questi divennero noti come i «libri delle navi» e fortunati erano i proprietari che rientravano in possesso dell'originale... È opinione comune che l'idea di Demetrio prese forma verso il 295 a.C.. Quando egli morì, quindici anni dopo, la Biblioteca era già un luogo di raccolta dei grandi prodotti della cultura ellenistica".[38]

Busto di Attalo I.

Anche in base a questi schematici accenni, traspare un vasto coacervo d'interessi culturali e una gamma di applicazioni materiali strettamente derivanti dai primi, del tutto nuovi e privi di qualsiasi precedente o analogia. Eppure, non per questo vanno considerati, automaticamente, la premessa dei successivi traguardi scientifici. Non basta, infatti, oggi come allora, raccogliere un immenso numero di volumi, arruolare una pletora di dotti, attivare frequenti scambi e disporre di cospicue risorse economiche per realizzare una sorta di massa critica culturale, dalla quale scaturiranno, automaticamente e rapidamente,

37 - Da E. M. FORSTER, *Alessandria...*, cit. p. 66.

38 - Da D. A. FLOWER, *I lidi della conoscenza...*, cit., p. 27.

sbalorditivi esiti scientifici e tecnologici. Nella migliore delle ipotesi può considerarsi una condizione necessaria ma, assolutamente, non sufficiente e quasi sempre, allorquando si verificò, costituì piuttosto una curiosa circostanza priva di conseguenze. Fra le tante altre motivazioni che contribuirono a quella singolare epopea culturale, giocò un ruolo catalizzante la stretta interdipendenza fra potere politico ed apporti della ricerca, il reciproco sostenersi dapprima in ambito militare e poi più in generale in quello civile.

Del resto, come in precedenza accennato, il criterio informatore della politica dei Tolomei di Alessandria, come pure degli Attalidi di Pergamo, è lo stesso che si ravvisa nell'espansione dei Greci i quali: "*con le armi dei Macedoni... erano divenuti in pochi anni casta dominante nell'intero mondo conosciuto: dalla Sicilia al Nord-Africa, dalla penisola balcanica all'Asia minore, dall'Iran all'India, all'Afghanistan dove Alessandro si era arrestato. I Greci non impararono le lingue dei loro nuovi sudditi ma compresero che per dominarli bisognava capirli, e che per capirli bisognava far tradurre e raccogliere i loro libri. Così nacquero biblioteche regie in tutte le capitali ellenistiche: non soltanto come fattore di prestigio ma come strumento di dominio. E un posto di rilievo lo ebbero, in quest'opera sistematica di traduzione e di raccolta, i libri sacri dei popoli dominati, perché la religione era, per chi intendeva governarli, come la porta della loro anima*."[39] Criterio che, mai come in questi anni, risulta di eccezionale lungimiranza e valenza strategica!

L'altra biblioteca: papiro e pergamena

Che la politica di preminenza e supremazia culturale, avviata dal primo Tolomeo, non sia da considerare una sua personalissima mania o ambiziosa esigenza ma, se mai, una filiazione della concezione di Alessandro, lo conferma il formarsi di un secondo analogo polo culturale a Pergamo, nell'omonimo regno ellenistico. Di esso, purtroppo, disponiamo di ragguagli persino più scarsi, tutti comunque concordi sull'avvio di una identica politica a sfondo scientifico. A volerla un altro ex generale del Macedone, Attalo, capostipite a sua volta di una rispettiva dinastia. Per l'esattezza, ad intraprendere l'ambizioso progetto fu il figlio di Eumene, il quale, verosimilmente, nelle procedure di acquisizione dei libri e nelle finalità concrete connesse alla loro raccolta, si ispirò alle corrispettive alessandrine. A Pergamo: "*gli Attalidi vi organizzarono una biblioteca che era seconda soltanto a quella di Alessandria. Attalo III scrisse un trattato di agricoltura e sia lui sia gli altri sovrani della dinastia promossero studi sperimentali di botanica, ai quali si dedicarono anche personalmente, usando i giardini reali. Gli Attalidi furono particolarmente interessati a sviluppare l'ingegneria civile e militare... L'opera di Bitone di tecnologia militare fu dedicata ad Attalo I e la protezione offerta dalla dinastia ai maggiori esperti di costruzioni militari diede i suoi frutti, come ha dimostrato lo studio delle fortificazioni costruite dagli Attalidi: l'uso estensivo di archi e volte e il nuovo tipo di torri, adatte agli ultimi progressi dell'artiglieria sono due esempi delle loro caratteristiche d'avanguardia.*"[40]

Purtroppo fra le deleterie conseguenze provocate dal violento competere delle due biblioteche, battaglia condotta senza eccessive riserve o remore, si deve collocare anche la nascita di un incredibile e fiorente mercato della contraffazione. Codici e manoscritti falsi, infatti, proliferarono rendendo difficile, oggi più di allora, la pronta identificazione. Come se non bastasse, la smania di primeggiare portò ad una disputa, un antesignano embargo strategico sui supporti grafici necessari alla redazione e pubblicazione dei testi, di cui ancora si percepiscono le estreme conseguenze. Protagonisti della vicenda, nella prima metà del II secolo a.C., il sovrano egiziano Tolomeo V e il re di Pergamo Eumene II.

Il papiro, che nell'antichità svolse un ruolo basilare nella propagazione della cultura, è una pianta dall'*habitat* molto limitato. Quello idoneo alla trasformazione in fogli, il *Cyperus papyrus* è una canna

39 - Da L. CANFORA, *La biblioteca...*, cit., p. 33.

40 - Da L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Milano 2003, pp. 284-285.

Sotto: *il Cyperus papyrus.*

palustre che può raggiungere una altezza di circa 5 metri ed un diametro del fusto rilevante. Richiede però, oltre all'abbondanza di acqua, una temperatura ambientale piuttosto calda, condizione che se ne favorisce la rigogliosa aggregazione lo limita, però, soltanto alle rive del Nilo e, in epoca successiva, anche dell'Anapo presso Siracusa. La forte richiesta lo rese una sorta di monopolio egiziano, complemento imprescindibile della scrittura e, per conseguenza, della cultura. Accentuandosi la rivalità tra la Biblioteca d'Alessandria e quella di Pergamo e volendo la prima mantenere a qualsiasi costo la sua preminenza, bloccò l'esportazione del papiro. A quel punto, venendo meno la disponibilità dei preziosi rotoli, il futuro culturale della seconda parve annientato. Non fu così, essendosi escogitato in breve tempo un ottimo sostituto di origine animale, persino più conveniente: la cartapecora o, come da allora venne chiamata, la *pergamena*. Il supporto era ricavato dalla pelle di vitello, di pecora o di capra, opportunamente depilata e fatta essiccare tesa: lisciata con pietra pomice e tagliata era pronta all'uso. Nei secoli successivi la pergamena si conquistò un suo vasto mercato, dimostrandosi un supporto per la scrittura senza dubbio migliore del papiro, grazie alla sua maggiore resistenza alla decomposizione in ambiente umido e alla sua maggiore resistenza meccanica, capace di reggere ad innumerevoli consultazioni e a varie abrasioni e raschiature.

Le potenzialità offerte dalla pergamena attinsero il loro apice quasi un millennio dopo la sua invenzione, tant'è che se: "*i manoscritti si moltiplicarono dal secolo VII in poi, ciò accadde perché allora l'uso della pergamena si diffuse e fornì un materiale pratico e resistente per la fabbricazione dei libri; traduttori e copisti, molto probabilmente, risedettero nei conventi perché lì si sapeva fabbricare la pergamena della quale avevano bisogno.*"[41] Tuttavia, va ricordato che oltre all'invenzione della pergamena, senza dubbio rivoluzionaria per la diffusione del sapere, la Biblioteca di Pergamo non sostenne un ruolo scientifico di pari entità né fornì un apporto alla tec-

41 - Da M. DAUMAS (a cura di), *Storia...*, cit., vol. I, p. 61.

In alto: *la produzione della pergamena in un'antica stampa.*
Sotto: *un pergamena medievale di Federico II.*

nologia di spessore analogo a quelli di Alessandria, pur ritagliandosi nel campo degli armamenti balistici una rinomanza persino superiore. E forse non va considerato un mero riferimento retorico la presenza sul fregio dell'Altare di Pergamo, aggregato in un trofeo di armi di un gruppo motopropulsore, di una catapulta a torsione di probabile origine macedone!

Settori di ricerca

Al di là del maggiore o minore apporto all'avanzamento scientifico dei due poli culturali dell'antichità, resta sicuramente assodato che proprio nell'ellenismo si determinò il salto tecnologico, alle spalle di innumerevoli invenzioni e scoperte del mondo antico. Tale successo dipese certamente dall'interesse e dal coinvolgimento dei rispettivi dinasti ma, in misura forse maggiore, dai positivi risvolti economici che presto le applicazioni pratiche iniziarono ad elargire e non soltanto in ambiti militari, o strettamente contigui. Pertanto, si può concludere che: "*tutti i re ellenistici e i loro funzionari scorsero nelle applicazioni di una conoscenza sistematizzata occasioni di profitto politico ed economico più chiaramente di quanto avessero fatto i piccoli proprietari di fabbriche e i minuscoli commercianti di qualsiasi città-stato... Ministri di Stato e agricoltori capitalisti svilupparono regni e possedimenti come esperimenti pratici di botanica e zoologia, genetica e geologia. Il continuo stato di guerra, sostenuto da eserciti stanziali, permise mutamenti nella tattica e nella strategia. In particolare, mantenere un assedio diventò possibile e richiese nuove armi di offesa e di difesa.*"[42] Fu appunto in quel vivace contesto culturale, prodigo di inusitate potenzialità, che apparve un gran numero di nuove macchine, da usarsi in agricoltura e nell'industria. Analoghi debutti meccanici anche nelle coltivazioni minerarie, a cominciare dai congegni per il sollevamento idrico simili a quelli escogitati per l'irrigazione. Tentare di dedurre dagli incrementi dell'estrazione mineraria l'entità dell'apporto di quei progressi tecnologici appare azzardato. Di certo: "*una risposta parziale è fornita dalla constatazione che nel primo periodo ellenistico il ferro, prima riservato essenzialmente alla costruzione di armi e coltelli, divenne di uso comune per la costruzione di attrezzi e macchine di ogni genere.*

Il caso della produzione mineraria è l'unico sul quale abbiamo un dato di carattere globale almeno potenzialmente quantitativo. Indagini sul ghiaccio della calotta polare boreale hanno mostrato, infatti, un picco d'inquinamento da piombo e da rame nella atmosfera nella prima età imperiale. Dalle poche notizie che abbiamo sui procedimenti della metallurgia emergono alcune innovazioni tecnologiche anche nel settore della lavorazione dei metalli. Polibio ci parla, per esempio, di nuovi mantici da fabbro, forse connessi alla pompa di Ctesibio."[43]

Al riguardo è interessante notare che il mantice a due cilindri, con stantuffi a movimento inverso, simile cioè alla pompa a doppio effetto inventata da Ctesibio, lo si ritrova impiegato ancora oggi, correntemente, in società primitive e raffigurato in alcuni bassorilievi indiani. Il dettaglio, se non altro, ne dimostra la facile invenzione e l'ampia diffusione avvenuta, verosimilmente, in un remoto passato. Anche nel marginale settore della produzione energetica, la rivoluzione tecnologica ellenistica fece sentire il suo apporto. Volendo superare il tradizionale silenzio dei coevi memorialisti, che evitano sistematicamente di entrare negli specifici tecnici limitandosi solo a menzionare in termini estremamente vaghi i meccanismi esistenti, non mancano alcune significative eccezioni. Sono ricordati, ad esempio, oltre a vari tipi di mulini idraulici, alcuni sicuramente eolici. Dei primi, che spesso sono stati ignorati dagli storici, si ebbero diverse applicazioni motrici, dalla tradizionale molatura del grano alla messa in moto di seghe, per legno e marmo, di magli per ferriere, come pure di grossi torni per costruire colonne. Di esse se ne trovano menzioni posteriori in Plinio, in Vitruvio e persino in alcuni scritti poetici, sia pure in maniera indiretta. Così, ad esempio, Antipatro di Tessalonica nel I secolo alludeva in una sua poesia al mulino idraulico:

"*Smettete di macinare o donne che lavorate al mulino; / dormite fino tardi, anche se il canto del gallo annuncia l'alba. / Poiché Demetra ha ordinato alle Ninfe di fare il lavoro / che facevano le vostre mani, ed esse, saltando dall'alto della ruota, / fanno girare il suo asse che, con i suoi raggi rotanti, / fa girare le pesanti macine concave del mulino.*"[44]

Un altro significativo esempio relativo allo stridio incessante delle seghe a telaio, usate per ridurre i

42 - Da V. G. CHILDE, *Il progresso nel mondo antico. L'evoluzione delle società umane dalla preistoria agli inizi dell'età classica*, Milano 1975, pp. 255-256.

43 - Da L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata...*, cit., p. 293.

44 - Il celebre epigramma del poeta greco Antipatro di Tessalonica, vissuto al tempo di Augusto, è contenuto nella sua *Anthologia Palatina*.

blocchi di marmo in lastre ed azionate dalle stesse ruote idrauliche dei mulini, si coglie in alcuni versi di Ausonio Stazio nella sua *Mosella*:

Precipiti torquens cerealia saxa rotatu
Stridentesque trahens per levia marmora serras
Audit perpetuos ripa ex utraque tumultus

Certamente, trattandosi di un poeta vissuto nel IV secolo, l'esempio è molto posteriore, ma evoca una realtà iniziata quasi mezzo millennio prima, che mutò solo per diffusione. Impianti, se non altrettanto complessi, di sicuro molto più grandi furono del tipo di Barbegal, presso Arles, di cui sono sopravvissuti rilevanti ruderi. In esso: "*il grano era macinato da trentadue mole, azionate da sedici ruote idrauliche verticali, disposte a coppie su otto livelli... L'impianto era stato datato alla tarda antichità, ma studi recenti hanno dimostrato che i resti attuali risalgono all'inizio del II secolo d.C.. Le evidenze archeologiche di mulini più piccoli della prima età imperiale si stanno rapidamente moltiplicando... un dato che falsifica la tradizionale convinzione che gli Antichi non fossero interessati al risparmio energetico.*"[45]

45 - Da L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata...*, cit., p. 294.

In alto: *bassorilievo funebre rinvenuto a Hierapolis e raffigurante una sega idraulica.*

Quanto ai mulini eolici si sa con certezza che da quasi tre millenni il vento che soffia sempre dalla stessa direzione pone in rotazione quelli afgani, ad asse verticale. Alcuni sono ancora funzionanti e lo erano già quando passò Alessandro Magno, con le ovvie conseguenze. Ed è certamente emblematica che di un tipo del genere se ne trovi pieno riscontro in un progetto cinquecentesco del Veranzio, senza peraltro che nulla del genere sia mai stato costruito in Italia.

Gli uomini di Alessandria

Per avere una vaga idea di cosa divenne in pochi anni il polo tecnologico ruotante intorno alla Biblioteca basterà ricordare, brevemente, alcuni dei suoi bibliotecari. Apre la serie Euclide i cui trattati, a differenza di quelli di Pitagora, ci sono pervenuti, rieditati quasi integralmente, generazione dopo generazione. Non a caso i suoi *Elementi* sono il libro più pubblicato subito dopo la Bibbia: la prima traduzione dal greco fu stampata a Venezia nel 1533, seguita, poco dopo, da una seconda in inglese, edita a Londra. Altrettanto celebre Eratostene, cronologicamente il terzo direttore, che guidò la Biblioteca per almeno quarant'anni, a partire dal 245 a.C. e che più di ogni altro la caratterizzò accentuandone gli interessi verso le materie scientifiche. A lui, del resto, si deve la misurazione della circonferenza terrestre con un

poraneamente, anche intorno al proprio asse. Proposizioni che ci sono pervenute grazie all'autorevole citazione di Archimede nell'*Arenario.* Il suo modello del sistema solare sarà abbracciato anche da Seleuco il Babilonese intorno al 200 a.C. per essere in seguito ripudiato, perché contrario al senso comune, alle ancora troppo rozze osservazioni astronomiche e, non ultimo, alla religione. Nonostante ciò: "*Aristarco non fu mai dimenticato, e Copernico, con pochissimi nuovi dati di osservazione, ritornò a lui, e fu condannato per eresia!*"[47] Occorreranno ben diciotto secoli ancora perché, cadute tutte le riserve, quella teoria venga ufficialmente accettata.

Anche Archimede va annoverato tra i cervelli della Biblioteca, pur non essendone mai stato direttore ma soltanto, ed a vario titolo, fra i massimi esponenti e collaboratori, mantenendosi in costante corrispondenza epistolare con i suoi più celebri studiosi. Altro straordinario genio della Biblioteca fu Ctesibio, nato ad Alessandria proprio nei pressi della stessa, da umilissimi genitori. Alle tante sue ricerche si devono ascrivere congegni pneumatici e idraulici di notevole complessità, le cui innumerevoli derivazioni permeano la nostra tecnologia, prima fra tutte il sistema cilindro e stantuffo.

In ambito medico spiccano i nomi di Erofilo, precursore dello studio sistematico dell'anatomia umana in base alle autopsie; di Galeno, talmente celebre da non richiedere altre specificazioni; ed ancora di Erasistrato, a cui è attribuita l'invenzione del catetere: solo per citarne alcuni fra i più reputati. Riguardo agli studi sull'anatomia va evidenziato che

modesto scarto rispetto al valore attuale; come pure uno strumento per il calcolo detto *mesolabio*, simile ad un calibro a due becchi, ed in grado di fornire valori medi fra due grandezze note.[46] E, potenzialità di gran lunga più interessante per gli antichi fruitori, di trovare, con artifici geometrici anche la soluzione del mitico problema della duplicazione del cubo, di cui si interesserà anche Leonardo confermando così la sua conoscenza dei testi scientifici classici. In altri termini uno strumento per l'estrazione, con valori appena approssimati delle radici cubiche!

Altro grande personaggio della Biblioteca fu Aristarco, a cui dobbiamo la prima enunciazione dell'eliocentrismo, sostenendo con tale teoria non solo la rotazione della terra intorno al sole ma, contem-

46 - Per approfondimenti cfr. F. RUSSO, F. RUSSO, *Pompei la tecnologia dimenticata,* Napoli 2007, pp. 128-130.

In alto: *Archimede in un dipinto di Giuseppe Patania, XIX sec.*

47 - Da V. G. CHILDE, *Il progresso nel mondo antico,* Milano 1975, p. 260.

la loro importanza crebbe a dismisura dopo l'affermazione del cristianesimo, essendo di fatto interdetta l'autopsia. Non è perciò casuale che quei trattati, illustrati con accurate tavole anatomiche, siano stati prima copiati dagli studiosi arabi e poi da quelli cristiani, costituendo i più attendibili atlanti anatomici a lungo disponibili. Una esplicita conferma si coglie in un celebre disegno di Leonardo relativo ad una gestante, chiaramente tratto da un codice arabo del XIII secolo.

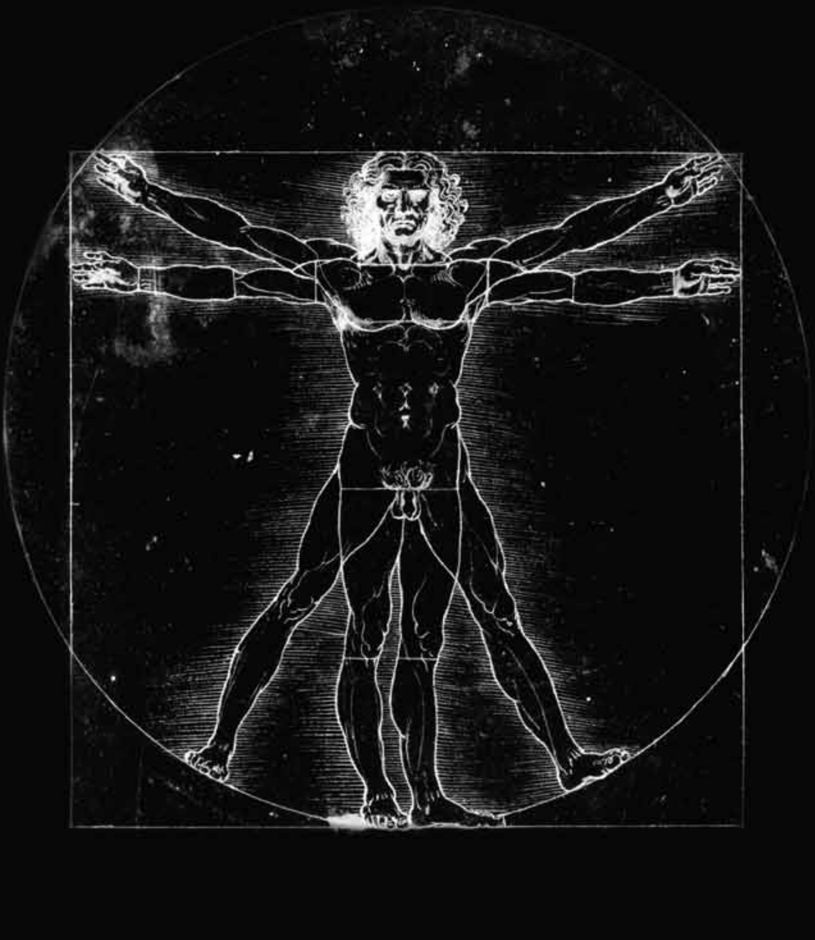
Anche nella letteratura e nella poesia i sapienti della Biblioteca lasciarono opere memorabili, reputate ancora oggi magistrali. Callimaco, ad esempio, è ricordato per la sua famosa composizione sulla *Chioma di Berenice*, e soprattutto per aver catalogato l'intera collezione di papiri e codici della Biblioteca, all'epoca circa 500.000. Il risultato furono 120 libri, in cui tutte le opere erano analizzate ed elencate in ordine cronologico, tramite parole chiave e per autore. Al di là dell'efficacia per la consultazione dei volumi, quel dispositivo va considerato l'archetipo di tutti i cataloghi bibliografici successivi, per soggetto e per autore, da allora complemento basilare di qualsiasi biblioteca. E, sempre a Callimaco, viene correntemente attribuita l'origine di un curioso genere letterario definito *paradossografia*, ovvero la ricerca e la raccolta semiscientifiche delle curiosità e delle stranezze della natura. Genere che conoscerà un enorme successo presso i Romani e del quale Plinio il Vecchio fu il massimo autore ed i cui estremi epigono si ravvisano nei *Guiness dei Primati*.

Altra opera scientifica venuta alla luce fra le mura della Biblioteca, e pietra miliare anche del mondo religioso attuale, fu la traduzione della Bibbia, detta *dei Settanta*. In merito alla curiosa definizione, l'ipotesi più accreditata la ascrive a Demetrio Falereo che: "*spinse Tolomeo I a mandare a cercare a Gerusalemme i traduttori più qualificati. Il risultato fu che ne comparvero settantadue, sei per ognuna delle dodici tribù di Israele, che vennero alloggiati in un numero equivalente di celle nell'isola di Faro. Settanta giorni più tardi la traduzione era completa e da qui il nome di Septuaginta, che in latino vuol dire settanta... In realtà l'opera di traduzione richiese probabilmente molti anni forse persino decenni, ed attualmente si ritiene che sia stata completata tra la fine del III secolo e la metà del II secolo a.C.*".[48] Di certo, quella traduzione risulta a tutt'oggi una delle più importanti mai redatte ed, essendo il greco semplificato e regolarizzato da Alessandro, la lingua universale dei dotti, da allora la Bibbia divenne accessibile ad un enorme pubblico, con ripercussioni religiose e filosofiche basilari sulla cultura occidentale.

48 - Da D. A. FLOWER, *I lidi della conoscenza...*, cit., pp. 81-82.

In alto: *affresco raffigurante Galeno e Ippocrate, Cattedrale di Santa Maria, Anagni.*
Sotto: *cammeo di fattura romana raffigurante il profilo di Plinio: è probabilmente la sua unica raffigurazione non di fantasia.*

Permanenze e novità



L'uomo di Vitruvio nell'interpretazione di Leonardo da Vinci

Parte Prima

L'eredità del Macedone

L'opera di Alessandro non svanì rapidamente né definitivamente, a cominciare dallo stesso aggregato statuale. L'immenso Impero, infatti, si sgranò in una sorte di mosaico di frammenti, più o meno vasti e rilevanti a secondo delle capacità e forza dei relativi dinasti, per lo più suoi ex generali. Non a caso, dopo un breve periodo di ostentata reggenza in nome del suo legittimo erede, ciascuno di loro assunse direttamente il potere nel rispettivo regno, pur mantenendosi sostanzialmente fedele all'ideale di Alessandro. Tra tutti spicca, per rilevanza e cultura, l'Egitto dei Tolomei, con Alessandria scelta per capitale, città in cui si ebbero le maggiori manifestazioni dell'accennato ideale, con la fondazione della mitica Biblioteca e del Museo con l'annessa scuola, assurti in breve a polo indiscusso del sapere scientifico dell'antichità.[1] Simili nella sostanza, ma d'entità sensibilmente minore, le iniziative degli Attalidi nel contiguo regno di Pergamo, che diedero vita al secondo polo del sapere, un vero centro culturale antagonista.[2] Istituzioni che, sotto molteplici punti di vista, sembrano prodromiche a un salto tecnologico immediato ed inarrestabile di cui invece, purtroppo, non si coglie esplicita traccia. O, a voler meglio indagare, se ne ravvisa il decollo, ma non il volo!

Nel giro di alcune generazioni, infatti, esauritasi la vivace tensione d'avvio, le premesse e le promesse restarono tali, lasciando soltanto immaginare nelle successive e per lo più modeste applicazioni, quali traguardi si sarebbero potuti attingere in un contesto appena meno effimero. Ma anche per sfruttare queste ultime nella pienezza della loro potenzialità, occorse l'aggregarsi e lo stabilizzarsi di un'altro immenso Impero, frutto di un'altrettanto colossale, ma molto più ponderata e duratura, epopea militare: quella di Roma. Sensato, tuttavia, presumere che tanto il mancato sviluppo della rivoluzione culturale e tecnologica ellenistica, quanto le sue tradite aspettative, siano soprattutto esito delle attuali percezione ed interpretazione. In altre parole, il nostro ragionamento scaturisce dalle successive conclusioni e non dalle coeve, per cui reputiamo evidente quello che forse all'epoca non lo era affatto e, per contro, ci appare rivoluzionario qualche innovazione tecnica di cui, magari, non se ne recepì neppure l'utilità!

Nessuna meraviglia allora che, ad onta dei risultati, solo per noi sicuramente forieri di benessere grazie al senno del poi, abbia continuato a sopravvivere una concezione esistenziale arcaica, basata piuttosto sul diritto della forza che sulla forza del diritto. Una concezione senza dubbio antitetica, sebbene più aderente alle esigenze etiche vigenti nonostante tutto, con valori ovviamente alternativi e non conciliabili. La scienza e la tecnica decaddero o, più verosimilmente, non superarono la funzione di mero supporto dell'artigianato, la cui produzione più avanzata tornò di nuovo ad essere quella militare e, paradossalmente, quella ludica. Quanti se ne occuparono a vario titolo e a vari livelli, senza però essere loro stessi guerrieri e combattenti, non godettero né di stima né di apprezzamenti etici. E se Giulio Cesare poteva vantarsi di essere il comandante del genio, *magister fabrorum,* era perché nessuno ne ignorava il ruolo di epico condottiero, per cui la qualifica assume una valenza integrativa e accrescitiva, ma non certo sostitutiva. Oggi la definiremmo un geniale *hobby*, qualcosa con cui si occupa il tempo libero e senza finalità di carriera.

I veri tecnici, invece, pur essendo spesso ben pagati e non di rado ricercati, restarono sempre disprezzati e perché lavoratori manuali e perché meccanici e perché ingegneri, in ogni caso contigui o ri-

1 - Da D. A. FLOWER, *I lidi della conoscenza...* cit., pp. 21: "*C'erano persino scambi di ambasciate con il re Asoka dell'India e una delle iscrizioni dei famosi 'editti di pietra' sulla sacra collina di Girnar fa specifica menzione di Tolomeo II. Non era inusuale neppure vedere monaci buddisti vagare per le vie di Alessandria e donne indiane prendere parte a processioni con le mucche bianche sacre.*"

2 - Da L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna,* Milano 2003, pp. 285-286.

Luca della Robbia: Platone et Aristotele o la filosofia. Marmo, proveniente dal lato del basamento del campanile di Firenze. Museo dell'Opera del Duomo di Firenze, fine XV sec.

conducibili al lavoro manuale. Questo il parere di Platone esposto nel Gorgia: "*Tuttavia tu lo disprezzi, lui e la sua arte, tu non lo chiamerai ingegnere che in senso offensivo, e tu non vorresti dare tuo figlio a sua figlia, né sposare tu stesso sua figlia.*"[3] Della stessa idea Plutarco per il quale: "*costoro corrompevano e avvelenavano la dignità e ciò che vi era di eccellente nella geometria, facendola scendere dagli oggetti intellettivi ed incorporei a quelli sensibili e materiali e facendole fare uso di materia corporea, con la quale è necessario molto vilmente e molto bassamente impiegare l'opera delle mani; da allora, dico, la meccanica, o arte degli ingegneri, viene ad essere separata dalla geometria ed, essendo a lungo disprezzata dai filosofi, diviene una delle arti militari.*"[4] Persino peggiore il giudizio espresso da Seneca, per il quale: "*le invenzioni contemporanee, l'uso dei vetri trasparenti, del calorifero... sono tutte opera dei più vili schiavi, di menti esperti, penetranti se vogliamo, ma non certo grandi menti, di menti elevate, come d'altra parte è vile tutto ciò che può ricercare il corpo chino, lo spirito rivolto alla terra. Queste invenzioni sono opera del raziocinio, dell'intelletto: tutta questa abbondanza di invenzioni superflue assoggetta l'anima al corpo, divenuto da schiavo padrone.*"[5]

L'opposizione tra *meccanico* e *liberale* finisce così per generare la contrapposizione fra *tecnica* e *scienza,* avviando una resistenza culturale che frustrerà l'avanzamento sia scientifico che tecnologico, in una società dove il sudore sparso sui campi di battaglia era l'unico degno di un uomo libero: in ogni altro caso era precipuo dello schiavo! Tentare di alleviare la fatica, o di razionalizzare il lavoro ebbe senso solo sotto il profilo economico, per ridurre i costi di produzione, per ottimizzare la resa della mano d'opera ma non certo per ragioni umanitarie, restando comunque un settore aborrito. Né il cristianesimo mutò gran che al riguardo, essendo il lavoro con il sudore della fronte una condanna divina, che in nessun modo andava disattesa o alleviata.

Limiti dell'originalità

Quanto appena accennato, implica un'ampia gamma di innovazioni riconducibili alla scienza ed alla tecnologia ellenistica. Ruote dentate, catene e rocchetti, leve e paranchi, norie e coclee, pulegge e cabestani quale che ne sia il particolare contesto cronologico di utilizzazione nel corso degli ultimi due millenni, restano comunque macchine inventate, indagate o perfezionate nella scuola alessandrina in epoca ellenistica. Vi sono però alcuni congegni e meccanismi che, per evidenti ragioni, non possono essere ascritti alla stessa matrice, neppure nella loro forma più arcaica ed embrionale. Significativamente proprio per molti di essi l'apporto di Leonardo, o semplicemente il suo interesse speculativo, e con lui della maggioranza dei suoi predecessori e successori, appare estremamente ridotto se non del tutto inesistente, ricordandoli appena in qualche fugace schizzo.

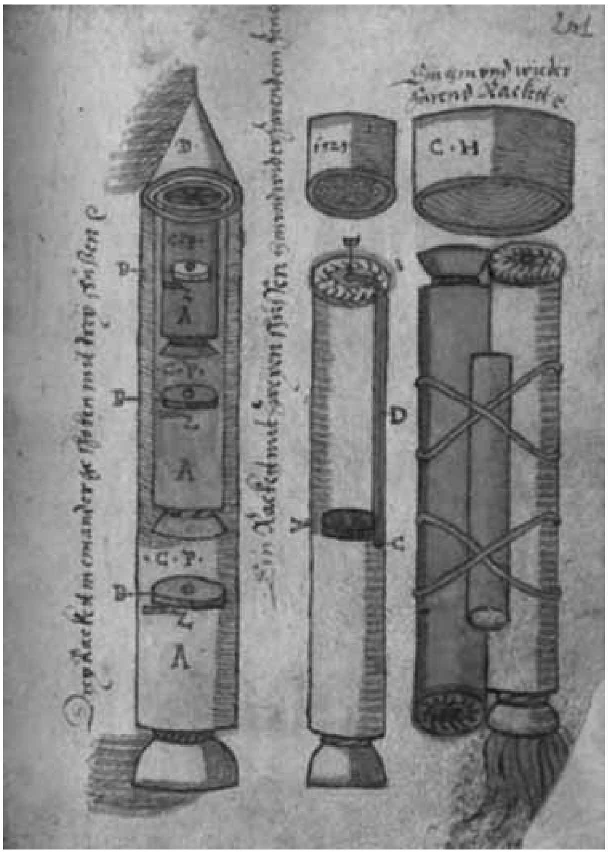
Tale è il caso, ad esempio, della stampa a caratteri mobili che tranne un modestissimo disegno di un torchio, peraltro di tipo pompeiano, non trova altra menzione nei suoi studi né dei suoi colleghi. Analogo discorso per i motori a reazione, che proprio agli inizi del '500 conobbero incredibili migliorie, culminate nei razzi a più stadi di Konrad Haas (1509-1576) il primo dei quali lanciato nel 1529.[6] In

3 - *Gorgia* è un dialogo di Platone ambientato ad Atene e scritto intorno al 386 a.C.. Gorgia era uno dei più reputati retori tra i sofisti siciliani.

4 - Da PLUTARCO, *Vita di Marcello,* XXI.

5 - Il pensiero di Seneca è sintetizzato da P.M. Schulhl (1902-1984) storico della filosofia, ed è citato da B. GILLE, *Storia delle tecniche,* Roma 1985, p. 197.

6 - Conrad Haas (1509-1576) fu il pioniere in assoluto dei razzi multistadi, preminenza che solo dopo la riscoperta della sua opera, contenuta in un manoscritto tornato alla luce nel



ultima analisi il ventaglio delle proposte degli ingegneri rinascimentali di raro è veramente originale. Più articolato e autonomo il rapporto di Leonardo con il volo umano, del quale non a caso viene ritenuto il principale fautore, al punto da dedicargli il maggior aeroporto italiano. In effetti la sua idea di base al riguardo era che: "*il volo umano fosse possibile attraverso l'imitazione meccanica della natura... È così egli osserva, e annota, che il nibbio batte lentamente le ali e cerca soprattutto di farsi portare dalle correnti d'aria. Quando gli viene meno questo supporto, vi supplisce con movimenti più rapidi delle ali. Col volo librato esso può far riposare le sue membra affaticate. Fin dall'inizio si può constatare che il volo che l'ingegnere fiorentino voleva fare eseguire all'uomo doveva essere in gran parte ciò che oggi chiameremo volo a vela... Tutto questo studio è senza dubbio ciò che v'è di più notevole negli appunti di Leonardo.*"[7]

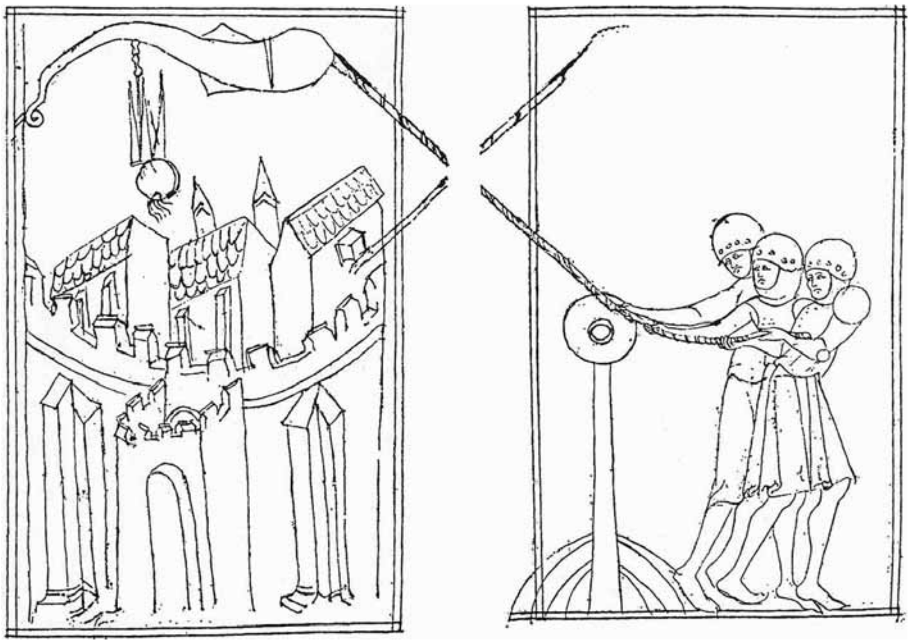
Del tutto condivisibile la conclusione circa il voler ottenere un mezzo per il volo planato o a vela, analogo cioè ad un moderno deltaplano. Un mezzo siffatto rientrava nelle concrete potenzialità dell'epoca, per cui non può escludersi che qualcosa del genere sia stato effettivamente costruito e fatto librare da Leonardo. Ma anche dandolo per scontato, questa macchina era un'assoluta novità? La risposta è senz'altro affermativa se la si riferisce ai tentativi di sollevarsi ed agli studi sul volo dei suoi contemporanei; non lo è affatto, però, in assoluto dal momento che, proprio per tale modalità di volo, esistevano dei significativi e noti precedenti. Tra questi gli aquiloni giganti destinati a portare uno o due uomini a centinaia di metri di altezza, che sin dal III sec. a.C. si costruirono in Cina, in Giappone e nelle isole della Malesia.

Per rintracciare, però, dei riferimenti cronologicamente determinati bisogna attendere il 1285 ed il

A fianco: *Konrad Haas, disegni tecnici su razzi a più stadi, XVI sec.*
Sotto: *un esemplare di nibbio in volo.*
In basso: *Konrad Kyeser, disegno con probabile aquilone, XIV sec.*

1961 in un antico convento di Sibiu in Romania, è stata universalmente riconosciuta. Cfr. H. BARTH, *Conrad Haas und Werk in Wort un Bild,* Bukarest 1983.

7 - Da B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri...,* cit., pp. 199-200.



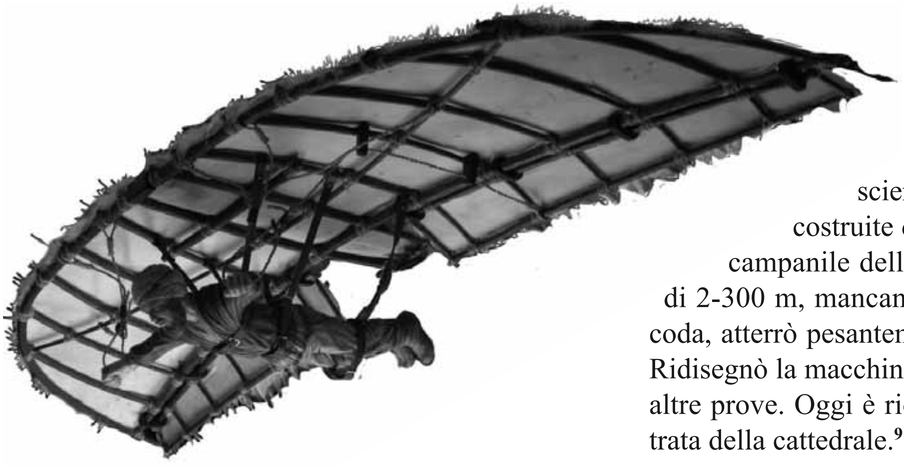
Milione di Marco Polo, allorquando l'aquilone gigante aveva alle sue spalle già un notevolissimo stato di servizio. Da altre fonti, abbastanza attendibili e concordi, infatti, si apprende che quei colossi di carta e vimini conobbero, oltre un millennio prima, un ampio impiego militare: sul finire del terzo secolo a.C., ad esempio, sembra che il celebre generale cinese Han-Sin (morto intorno al 196 a.C.) sia atterrato con il suo aquilone dinanzi alle truppe schierate. Dopo tale premessa un lunghissimo elenco di analoghe *performance*: dalla dinastia Song (960-1279) s'iniziarono a costruire aquiloni da bombardamento, facendogli trasportare piccole cariche di polvere pirica di circa 500 grammi, ad un centinaio di metri d'altezza, dirigendoli sulla verticale del bersaglio. Mediante rudimentali micce se ne provocava la caduta e l'esplosione sul nemico: la precisione era scarsa ma l'effetto terrifico enorme! Ancora maggiore quando a piombare dal cielo non furono più dei rumorosi mortaretti ma agguerriti incursori, procedura anche questa riportata da diversi cronisti cinesi coevi. Stando alle loro rievocazioni, la fortezza di Koryo, in Corea, fu espugnata impiegando per la prima volta assaltatori aviotrasportati, ciascuno dei quali condotto sull'obiettivo da un aquilone!

Come, poi, fossero fatti quei giganti dell'aria lo sappiamo con assoluta attendibilità dal momento che i pescatori di un piccolo villaggio marittimo del Giappone[8], in ossequio ad un'ultramillenaria tradizione, hanno continuato a costruirli con bambù e carta, anno dopo anno, fin quando nel 1914 quest'ultima mancò.

Un'altra tipologia di dispositivi più pesanti dell'aria per brevi voli librati, ma di dimensioni e complessità di gran lunga minori, nota come superfici alari posticce, vanta in Occidente un'altrettanta remota anzianità. Di ali siffatte si avvalsero due misconosciuti pionieri del volo librato, vissuti quasi nella stessa epoca e per la stessa ragione finiti con le gambe fratturate. Il primo fu lo scienziato arabo Abbas Ibn Firnas, la cui statua si osserva dinanzi all'aeroporto internazionale di Baghdad, nato nell'810 nei pressi di Cordoba. Alla non verde età di 65 anni, dopo aver studiato a lungo il volo degli uccelli, si costruì delle leggere ali di vimini e tela e si lanciò dall'alto del minareto della Grande Moschea della città, divenuta in seguito una cattedrale. Restò in aria una decina di secondi, e poi non potendo governare quella macchina priva di piani di coda, precipitò rompendosi le gambe e fratturandosi alcune costole. Morì una dozzina d'anni dopo e, pur avendo ben compreso la ragione della caduta, non ebbe più l'opportunità di ritentare il volo. Il secondo fu un be-

8 - Da B. RUDOFSKY, *Le meraviglie dell'architettura spontanea*, Bari 1979, pp. 134-135.

In alto: *Aquiloni da bombardamento in un disegno tratto dal* De Nobilitatibus *di Walter de Milemete, 1326.*
Sopra: *Ricostruzione di un aquilone da bombardamento.*



nedettino dell'abbazia di Malmesbury, Eilmer di Malmesbury, nato intorno al 980 in Inghilterra, celebre per le sue conoscenze scientifiche. Tra il 1002 ed i 1010, costruite delle ali posticce si lanciò dal campanile dell'abbazia e, dopo una planata di 2-300 m, mancando anche a lui i governali di coda, atterrò pesantemente fratturandosi le gambe. Ridisegnò la macchina, ma l'abate non gli consentì altre prove. Oggi è ricordato in una policroma vetrata della cattedrale.[9]

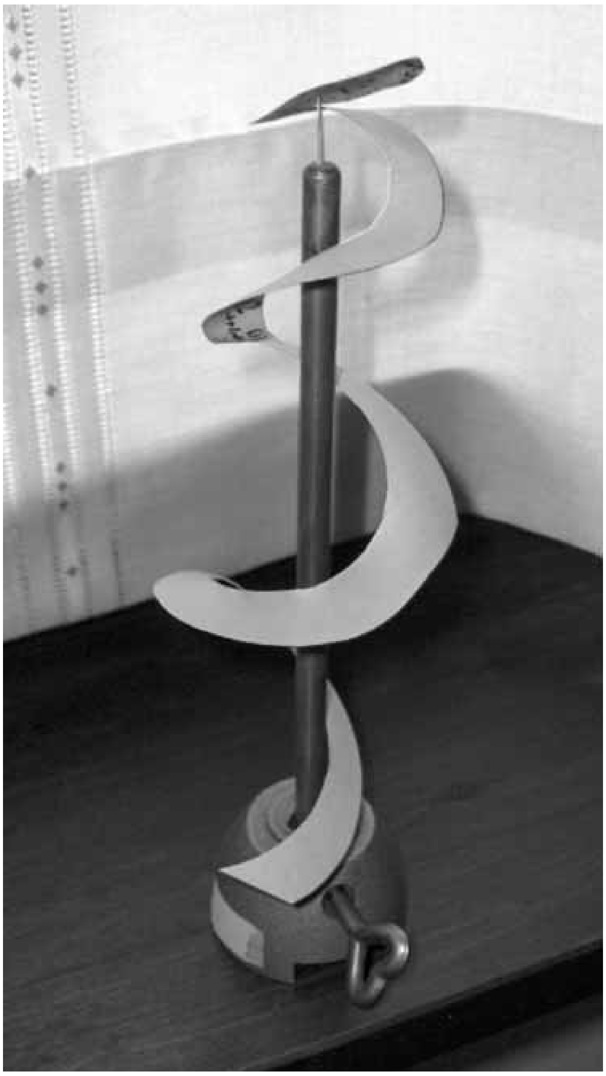
Sopra: *la statua dello scienziato arabo Abbas Ibn Firnas all'aeroporto internazionale di Baghdad.*
Sotto: *Eilmer di Malmesbury raffigurato su di una vetrana della cattedrale Malmesbury.*

La vite aerea

Un discorso a parte merita la famosa vite aerea, nella quale molti studiosi hanno ravvisato l'archetipo o, come accennato, il criterio informatore dell'elicottero. A prima vista il congegno non tradisce alcun suggerimento naturale, alcuna sia pur larvata analogia con organi o apparati per il volo di qualsiasi animale. Ad una più accorta indagine, però, non sfugge che esisteva da tempo immemorabile un gioco infantile, nel quale la buccia di un arancio o di una mela, tagliata a spirale con il polo posto in equilibrio su di un lungo chiodo infisso nella brace, iniziava a girare per la corrente ascensionale d'aria calda che da lei si sollevava. Il giocattolo, divenne in seguito il *termoscopio*, strumento scientifico che a differenza del termometro, non misurava il livello del calore di un corpo ma il suo eccedere quello dell'ambiente circostante. Facile a quel punto, concludere che invertendo la causa con gli effetti, ovvero ponendo in rotazione la spirale, sarebbe stata lei a far salire l'aria o a salire nell'aria: criteri rispettivamente della ventola e dell'elicottero. Ovviamente trascurando l'autorotazione!

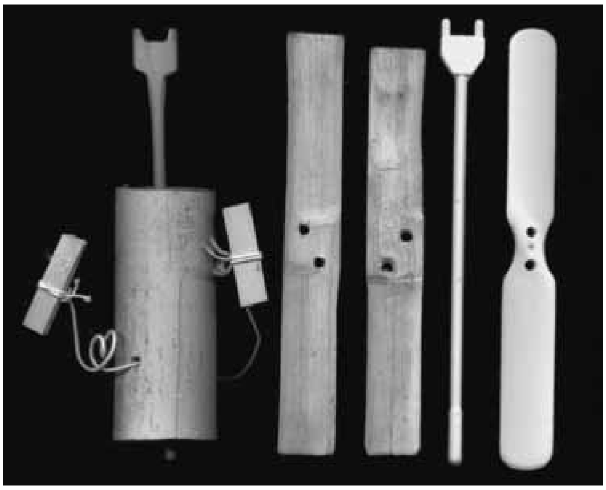
Ma si conosce ancora un altro suggerimento, molto più stringente ma molto meno certo. Stando, infatti, a fumose fonti nel 1434 il celebre ammiraglio cinese Zheng He nel suo settimo viaggio sarebbe giunto a Venezia[10], con una modesta aliquota della flotta, avendo lasciato la maggior parte delle sue grandi navi nel mar Rosso, impedite dalle loro enormi dimensioni ad evoluire negli angusti canali di collegamento col Mediterraneo.[11] Con un nutrito

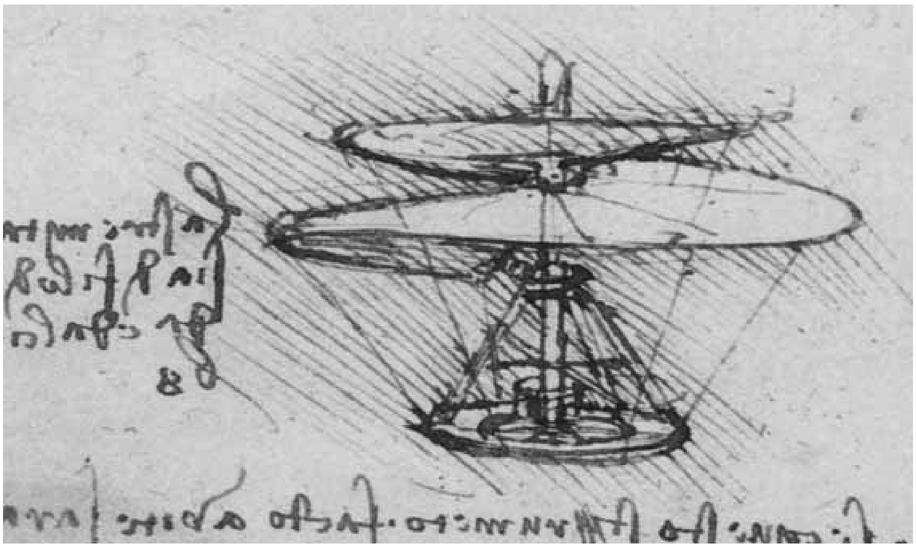
9 - Cfr. F. RUSSO, *L'avventura degli uomini volanti*, in *MEDIOEVO* n° 168, gennaio 2011.
10 - Cfr. G. MENZIES, *1434: The Year a Chinese Fleet Sailed to Italy ad Ignited the Renaissance,* New York, 2008.
11 - Stando ad ERODOTO, II, 158, il primo canale di colle-



seguito, e cospicui regali, prese contatto con le massime autorità della Serenissima e con il rappresentante del papa Eugenio IV (1383-1447, papa dal 1431) a Firenze. Tra i doni carte geografiche, trattati scientifici e sofisticati congegni, prodotti della più avanzata tecnologia coeva del Celeste Impero. Esaurita la missione, l'ammiraglio fece rotta per tornare in Cina, ma morì in quello stesso anno, nel lungo viaggio di rientro. Sepolto in mare scomparve e con lui si dissolse il legame fra i due universi.[12]

Stando sempre alle stesse fonti, i trattati e gli oggetti donati da Zheng He, furono accuratamente studiati, e un particolare interesse fu riservato a un curioso giocattolo, noto in Cina dal V sec. a.C. e che, in breve, si diffonderà anche in Occidente. Consisteva in una leggera assicella di legno con le estremità ritorte simmetricamente, in modo da formare una rudimentale elica: posta in rapida rotazione dal violento strappo di una fune avvolta intorno al perno di supporto, gi-





gamento fra i due mari fu fatto scavare intorno al 600 a.C. dal faraone Nekao II. In seguito fu verosimilmente ripristinato dal persiano Dario, che stando allo stesso storico vi appose una lapide che tra l'altro così recitava: "*Ordinai di scavare questo canale dal fiume chiamato Nilo che scorre in Egitto al mare che inizia in Persia. Quando fu scavato come ordinato, le navi sono andate dall'Egitto fino alla Persia.*" Il canale fu ancora restaurato da Tolomeo II nel 250 a.C. e per oltre un millennio ancora fu sostanzialmente in funzione. Verosimile, perciò, che piccole imbarcazioni nella prima metà del '400 fossero in grado di passarvi.

12 - Il nuovo imperatore Hung Hsi ordinò la definitiva cessazione di quelle spedizioni proprio nel 1434, e per evitare che le si potesse in qualche modo intraprendere di nuovo proibì pure la costruzione delle grandi navi necessarie.

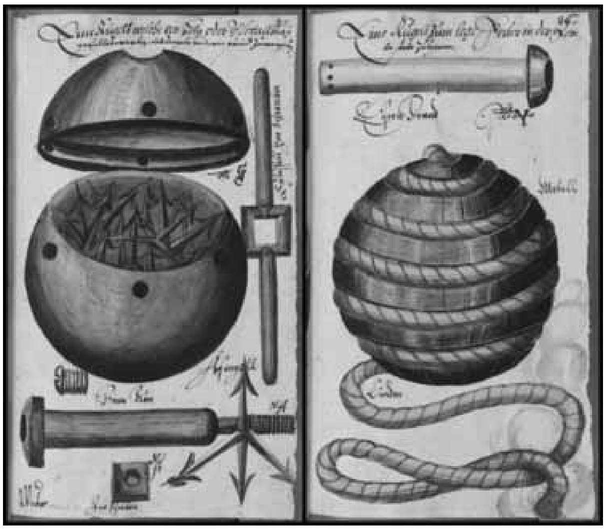
In alto a sinistra: *un moderno termoscopio.*
In alto a destra: *l'elica a strappo di origine cinese.*
A fianco: *Il celebre schizzo di Leonardo da Vinci, raffigurante la vite aerea, Ms. B, fol. 83 v.*

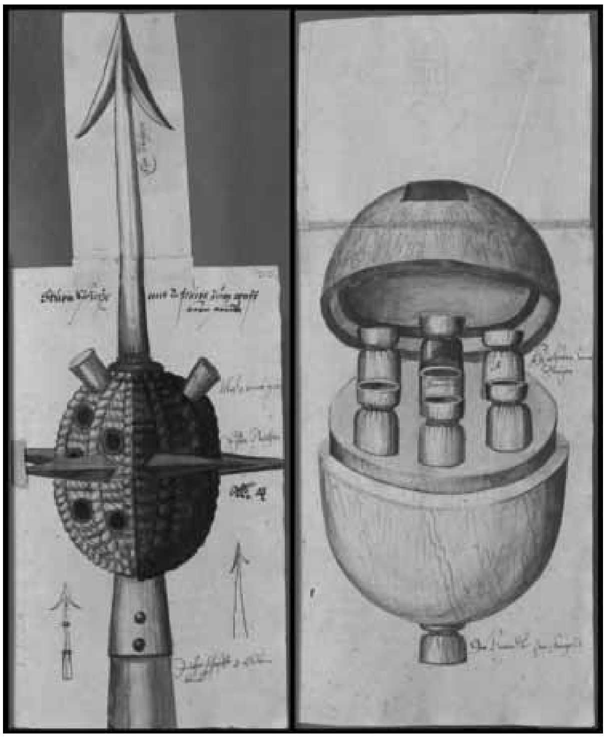
rando vorticosamente si sollevava nell'aria![13] Un'indubbia vite aerea, considerata l'archetipo funzionante dell'elicottero e che, qualora confermata la vicenda, avrebbe conosciuto, quasi mezzo secolo dopo, nella vite aerea di Leonardo la sua variante rinascimentale!

Le idee inutili

Una curiosa analogia si coglie in quasi tutti i taccuini degli ingegneri del Rinascimento, Leonardo compreso, che potrebbe etichettarsi delle invenzioni parziali o addirittura inutili, che ostentano un'efficacia utile al più per rarissimi ambiti d'impiego, peraltro marginali, quando non del tutto inesistenti, eppure da tanti riproposte. È il caso, per esemplificare, del laminatoio a cilindri che dovrebbe ridurre spesse piastre metalliche a sottili lamine. Ma per le sue caratteristiche tecniche, per le potenze motrici disponibili e per le inevitabili tolleranze di costruzione, la laminazione sarebbe potuta avvenire soltanto con metalli estremamente malleabili, tipo oro o piombo, dimostrandosi allora superflua, per le minime quantità in lavorazione del primo e già usata in epoca romana per il secondo. Simile il caso della macchina per filettare le viti, apparentemente utilissima e non assurda dal punto di vista meccanico. In realtà, però, le barre filettate che poteva produrre erano di legno e di discreto diametro, le meno richieste e le più semplici da costruire manualmente, come confermano quelle ritrovate a Pompei. Che dire poi del paracadute, anch'esso ricorrente nei taccuini dei predecessori e nei successori di Leonardo, e di cui all'epoca per ovvie ragioni non si avvertiva alcun bisogno?

Oltre alle invenzioni inutili gli stessi taccuini ne tramandano molte altre che potrebbero definirsi rigenerate, ovvero cooptate da preesistenze e modernizzate. Tali ad esempio le granate e le bombe a razzo, che pur non potendosi per ovvie ragioni ascrivere alla tecnologia antica, non per questo risultano innovative od originali. Da tempo, forse prima del VII secolo, si conoscevano le granate incendiarie per baliste a rottura facilitata, come pure le granate a mano di terracotta a frammentazione prestabilita, per il lancio di fuoco greco.[14] A differenza di quanto





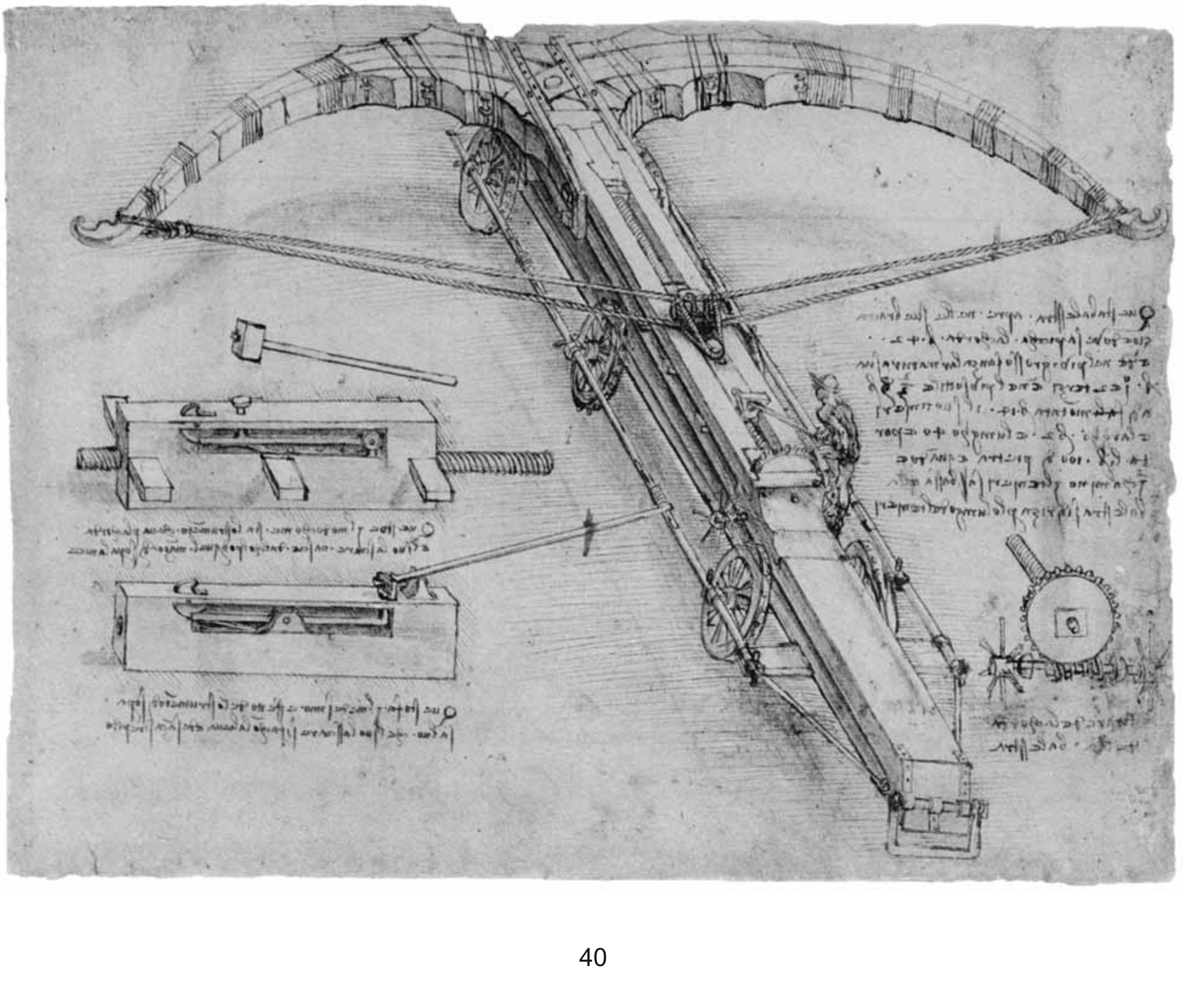
13 - Il giocattolo, definito "elica a strappo", era ancora in auge negli anni '80 del secolo scorso. Ovviamente in plastica!
14 - Per approfondimenti cfr. F. RUSSO, *Fuoco marino*, in Rivista Marittima, febbraio 2004.

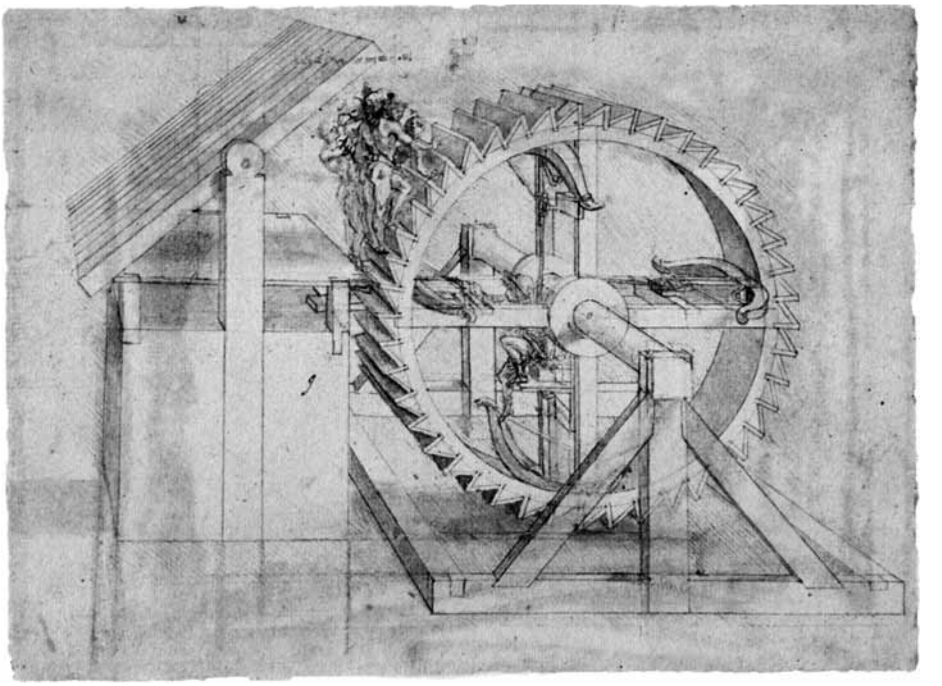
In alto e al centro: *disegni tratti da un codice rinascimentale raffiguranti delle granate.*
A fianco: *una granata in vetro.*

documentari (il cui apice del ridicolo è stato scambiare dei burattini che sollevano le braccia per terrificanti automi capaci di respingere un assedio), mostre e modelli vogliono suggerire, l'apporto degli ingegneri rinascimentali in generale e di Leonardo in particolare nel comparto bellico si conferma non solo molto arretrato e superato, ma spesso ben lontano dai vigenti standard militari europei, quasi che la loro formazione culturale fosse scaduta ormai a mera retorica tecnologica. Rientra in questa logica, ad esempio, il trastullarsi di Leonardo con demenziali balestre giganti[15], mentre in Francia gli ingegneri di Carlo VIII mettevano a punto i rivoluzionari cannoni a palle di ferro, d'inusitata potenza e muniti di orecchioni ed affusti per il maneggio ed il traino veloce, la cui connotazione ed efficacia sarebbe rimasta sostanzialmente immutata fino a Napoleone![16] Persino più esilarante il criterio informatore delle sue catapulte a ripetizione, azionate da una ruota di oltre 3 m di diametro fatta girare da alcuni uomini, se confrontato con la catapulta a ripetizione di Dionisio di Alessandria, descritta da Filone nel II sec. a.C., di circa 70 cm di lunghezza, azionata da cinematismi con catena a maglie piane, con alimentatore

15 - Cfr. B. DIBNER, *Macchine e armi,* in *Leonardo,* a cura di L. Reti, Berna 1974, pp. 166-89.
16 - Sulla radicale evoluzione dell'artiglierie e sulle sue conseguenze cfr. F. RUSSO, *Ingegno e paura. Trenta secoli di fortificazioni in Italia*, Roma 2005, vol. II, pp. 213-20.

In alto: *una granata in terracotta.*
Sotto: *la balestra gigante di Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 149 r.*





sunta antesignana mitragliatrice, in realtà un rudimentale pezzo a canne multiple affiancate secondo varie disposizioni ma un unico criterio, risalente al XIV secolo e definito, per la somiglianza, *organo*!

Il fattor comune

La suggestione, in conclusione, che sul finire del Medioevo maggiormente stimolò gli ingegneri del Rinascimento, più che per le armi e per i sistemi d'arma propriamente detti, fu quanto di suggestivo era connesso con il loro funzionamento: gli automatismi magici, i fantasmagorici effetti pirotecnici, le diaboliche esplosioni terrifiche. Tendenza talmente comune da tradire la dominante preparazione pittorica e raffigurativa del loro tirocinio, da artisti prima ancora che da ingegneri. Volendo approfondire la questione è fuor di dubbio che: "*la lettera indirizzata al Moro, come pure il brevetto di Cesare Borgia, rivelano indiscutibilmente il grande interesse che Leonardo da Vinci nutriva per i problemi dell'arte militare. Questa tecnica, praticata da tutti gli ingegneri... presentava un duplice aspetto: l'armamento e la fortificazione, con tutti i problemi accessori implicati dalla conduzione degli eserciti in campagna. Si aveva la sensazione confusa che una nuova arte della guerra stesse per nascere. Le prime campagne francesi in Italia mostrarono che una nuova tecnica era diventata veramente la grande posta in gioco del secolo. Taccola e Francesco di Giorgio ne avevano avuto il presentimento.*"[19]

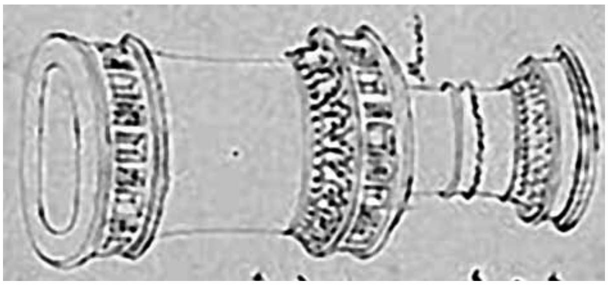
a camma guidata e caricatore, componenti che si ritroveranno solo nella prima vera mitragliatrice, la famosissima *Gatling*.[17]

Essendo impensabile tanto infantilismo s'impone un diverso approccio esplicativo, ovvero, vedere in quei grafici la conferma implicita della supposta matrice ellenistica del rinascimento tecnologico: Leonardo e i suoi colleghi, volendo interpretare lacunose fonti, aggirando la carenza di immagini e l'ignoranza del greco, tentano congetture progettuali, che saranno però scambiate per proposte progettuali! Volendo esemplificare, avendo appreso dell'esistenza di una catapulta a ripetizione nell'antichità, da qualche manoscritto bizantino, ma restando precluse le relative spiegazioni meccaniche, le tratteggiarono in base alla loro competenza: appunti di studio non progetti di massima! Così pure per i carri falcianti[18], che solo odierni imbecilli possono supporre ancora efficaci nel XVI secolo: falciati, se mai, lo sarebbero stati dall'artiglieria, dopo pochi metri di corsa! Analogo discorso per la pre-

17 - Sulla catapulta a ripetizione automatica di Dionisio di Alessandria cfr. F. RUSSO, F. RUSSO *Tormenta navalia. Le artiglierie navali romane*, suppl. Rivista Marittima giugno 2007.
18 - A partire dal 1769, ed in più riprese, Voltaire sollecitò l'imperatrice di Russia Caterina II ad adottare nella guerra contro i Turchi i carri falcati: ovviamente non furono accettati per la fin troppo evidente vulnerabilità!

19 - Da B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Milano 1972, pp. 170-71.

In alto: *la catapulta a ripetizione di Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 1070 r.*
A fianco: *uno schizzo di Francesco di Giorgio Martini raffigurante una bombarda di concezione già arcaica per l'epoca.*

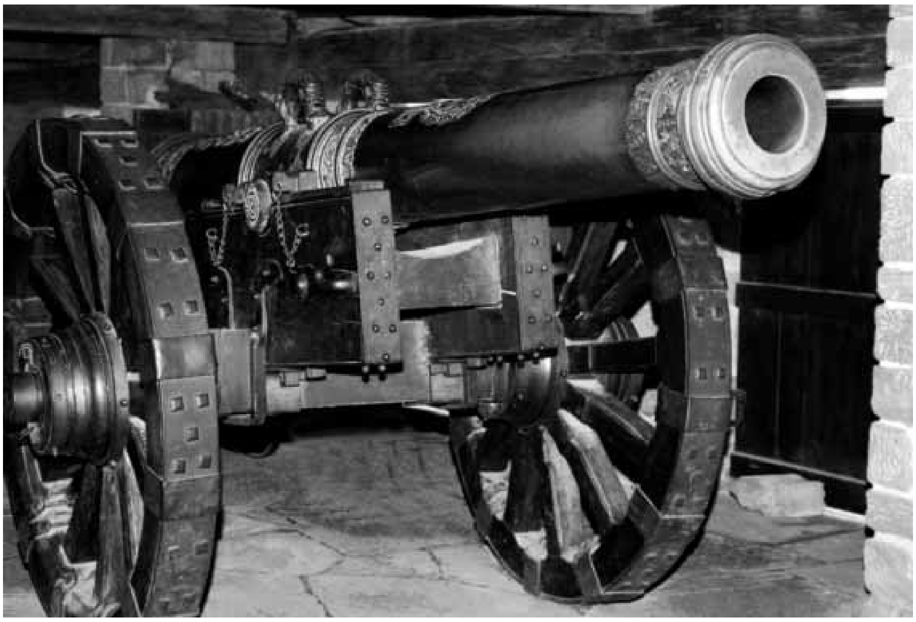


della sua indiscussa maestria: "*le immagini di Francesco di Giorgio sono ancora molto simili a quelle del Taccola (morto prima del 1458). Si riesce a mala pena ad avere sentore, in qualche abbozzo, della trasformazione che si sta producendo. Lo stesso Leonardo non segnerà alcun progresso degno di nota. Pare che in questo campo gli italiani manifestino un certo grado di arretratezza: quest'arretratezza spiega, in una certa maniera, il rapido successo degli eserciti francesi che invasero l'Italia negli ultimi anni del Quattrocento.*"[21]

Presentimento sterile, dal momento che nessuno dei due abbandonò le arcaiche bocche da fuoco e i giubilati castelli, come del resto fece pure Leonardo, che forse non ebbe neppure quel presentimento! Un sentore, sia detto per inciso, che nell'ultimo scorcio del '400 era ormai qualcosa di più di un oscuro presagio, del quale la calata nel 1494 del re Carlo VIII fu soltanto la conferma e non l'avvio. La sua rivoluzionaria artiglieria costituì lo strumento per smantellare in breve tempo qualsiasi fortificazione esistente, indipendentemente dalla loro mole. Le bombarde del Martini, di appena pochi anni prima, erano ormai anacronistiche poiché: "*quando il Martini scriveva, era cambiato il sistema delle artiglierie non solo per le forme, ma eziandio per le grossezze delle parti dei diversi pezzi...*".[20] Per cui, ad onta

20 - Da E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie*, Milano 1919, p. 87.

Discorso ovviamente identico per le magnificate fortificazioni del Martini e di tutti i suoi epigoni, Leonardo e Michelangelo compresi, che si rivelano in pochi anni fossili viventi. Non a caso, pochi anni dopo, sarà proprio di Giorgio Martini, ad ammettere, scrivendo sconsolato, che i contemporanei: *"ultimamente hanno trovato uno istrumento di tanta violenza, che contra a quello non vale gagliardia, non armi, non scudi, non fortezza di muri, perocché con quello ogni grossa torre in piccolo tempo è necessario si consumi.*"[22] Quasi a voler fugare ogni residuo dubbio ribadiva il concetto in una sorta di testamento spirituale, con queste parole: "*sono stati alcuni* [però] *che per defendere le mura dalla potenza della bombarda e per più offendere li nimici, hanno fatto le mura grosse e con più torroni con difese ed offese per fianco. Le quali più per grossezza che per ingegnoso remedio fanno alquanto maggiore resistenzia che le altre anti-*



21 - Da B. GILLE, *Leonardo...*, cit., p. 131.
22 - Da F. DI GIORGIO MARTINI, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare,* a cura di C. Maltese, Verona 1967, vol. II, p. 417-18.

In alto: *bombarde giganti turche in due pezzi, 1453.*
A fianco: *un cannone del tipo moderno utilizzato dall'ersercito Carlo VIII nel 1498.*

che, niente di meno per spazio di tempo infine sono superate.

Onde considerati le edifici per fortezze fabbricati in Italia massimamente se può dire con verità che el non sia rocca alcuna o fortezza che per via di bombarde, gittando le mura a terra, ovvero almeno le offese [e le difese]*, non si possi espugnare e debellare.*"[23]

Il che era senza dubbio esatto per i castelli medievali e le fortezze della transizione, ma non lo era affatto per le fortificazioni bastionate, che iniziavano a comparire su progetto del Sangallo. Sarà la nuova architettura militare, esito pur sempre dell'ingegneria militare italiana, tant'è che fu definita la *trace italienne*, ma in assoluta discontinuità con la cultura militare medievale e rinascimentale. Per cui: "*l'armamento è certamente il campo in cui Leonardo ha innovato di meno. Seguendo l'esempio di Valturio... Leonardo rimase molto impressionato dalle macchine da guerra degli Antichi, e la sua ricerca di opere di Archimede poteva riguardare altrettanto bene l'attività militare del Siracusano, quanto la sua opera scientifica. Sir Kenneth Clark ha fatto giustamente notare che* «*la scienza di Leonardo* [e degli ingegneri coevi] *in materia di equipaggiamento militare non presenta alcun progresso rispetto a quella del suo tempo.*»

L'artiglieria di Leonardo è del tipo più tradizionale, e più comune a quell'epoca. È quella stessa che ritroviamo in tutti i taccuini... I disegni di Leonardo raffigurano tutti i tipi di alzo (alzi a cremagliera, a cerchio e a vite)... I carri leonardeschi, eccezion fatta per qualche variante dovuta non tanto alla sua immaginazione tecnica quanto alla sua abilità nell'arte del disegno, sono gli stessi che ci avevano già mostrato i suoi predecessori... Tutte le macchine da scalata, come scale e torri mobili, fanno ugualmente parte di quel vecchio fondo comune che risaliva... alla tarda Antichità.

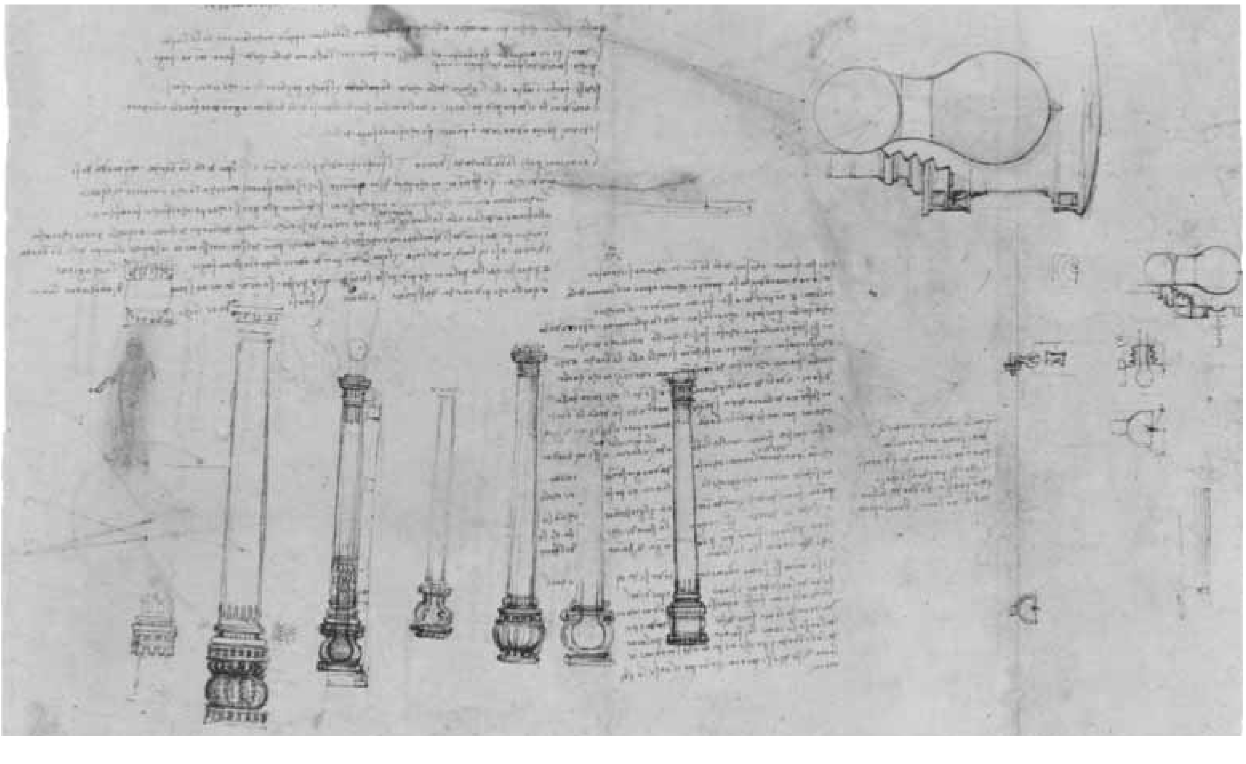
Né l'armamento navale presenta maggiore originalità. I disegni di Leonardo provano sovrabbondantemente che tutto, o quasi è stato tratto direttamente da Francesco di Giorgio. La nave a ruote con pale laterali, mosse da manovelle, è certamente molto antica: non è escluso che tale disegno sia di origine romana."[24] Infatti quel battello é di epoca romana, ricordato nel *De Rebus Bellicis* come di *Liburna a ruote,* con il relativo disegno.[25] Quanto al perché artiglierie ormai obsolete fossero ancora le più diffuse, era una conseguenza del loro minor prezzo, regola sempre vigente nel settore degli armamenti.

23 - Da F. DI GIORGIO MARTINI, *Trattati...*, cit., vol. II, p. 428.

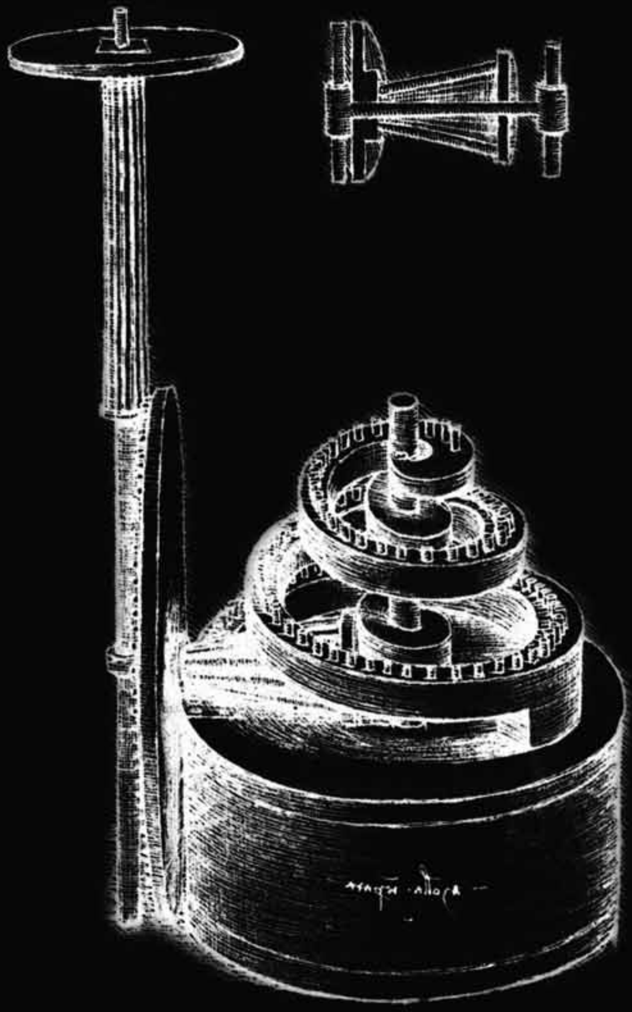
24 - Da B. GILLE, *Leonardo...*, cit., pp. 171-172.

25 - Sulla liburna a ruote cfr. ANONIMO, *Le cose della guerra*, a cura di A. Giardina, Milano 1989, pp. XVII e p. 31. Curiosamente, sottolinea il curatore a p. XVII: "*se il carro falcato fu prima una realtà dei campi di battaglia e poi un grande mito degli ingegneri, la nave a ruote fu esattamente il contrario: nacque come macchina fantastica, azionata da buoi, e fu realizzata... con l'applicazione della macchina a vapore.*"

Sotto: *Leonardo da Vinci, alcuni disegni di pezzi di artiglieria, Codice Atlantico, fol. 79 v.*



Scienza e tecnica



Leonardo da Vinci, ms. Madrid I, fol. 45 r

Parte Seconda

Alla base della divaricazione

All'instaurarsi dell'attuale mito di Leonardo inventore globale, giocano due rimozioni, fra loro interdipendenti, in precedenza appena accennate: l'una riguarda la produzione degli ingegneri suoi predecessori, coevi e successori; l'altra, persino più grave, la cultura scientifica e tecnica dell'età ellenistica. Venendo meno la correlazione fra le proposte dei primi e le conoscenze della seconda e quanto ad essa comunque riconducibile, si finisce, nella migliore delle ipotesi, con l'immaginare un esplodere improvviso di una comune curiosità per discipline fino allora marginali. Con l'ovvio corollario di attribuire quella sorta di miracolo all'istaurarsi di uno stretto legame fra elaborazione di nozioni teoriche e procedure pratiche, ovvero tra scienza e tecnica, originale premessa del Rinascimento e dei progressi che ne derivarono. Gli storici, sebbene consci dell'errore, si limitarono solo a descriverne gli sviluppi cronologici, mentre i tecnici dal canto loro s'interessarono solo agli esiti. Per entrambi si trattò di un effetto privo di una causa, soprattutto di una causa remota!

Tale conclusione, purtroppo ancora in sostanza vigente, è la conseguenza di una sorta di bipartizione del mondo della cultura per cui non: "*c'è dunque da meravigliarsi se gli storici avevano qualche timore a impegnarsi su un terreno che ignoravano quasi del tutto. I tecnici, per parte loro, si interessavano poco a tecniche scomparse, e quando le affrontavano, lo facevano con uno spirito che con la storia spesso aveva solo lontani rapporti. Gli uni hanno scritto così una storia da cui le tecniche erano completamente assenti, gli altri si sono dedicati a ricerche puramente tecniche, dove la storia non era altro che una semplice cronologia*."[1] Deficienze simmetriche che hanno trovato un comodo punto d'incontro nell'attribuire al genio di Leonardo ogni possibile invenzione, ponendo così termine a tutte le indagini per accertarne le origini effettive: una data di nascita certa per gli storici e un riferimento conclusivo per i tecnici! Nessun imbarazzante connubio tra scienza e tecnologia, ma solo l'atto creativo di una mente sovrumana isolata.

Il Rinascimento poteva, a giusta ragione, considerarsi inedito da qualunque punto di vista, verificandosi già dal suo debutto la cooperazione fra scienza e tecnica, fra l'accumulo delle nozioni e la loro elaborazione, esiti fino allora mai accaduti. Per quanto delineato in precedenza, quella sinergia, che peraltro molto lentamente s'instaurò ed alla quale va ascritta l'evoluzione tecnologica e culturale dell'età moderna, non fu il frutto di quel contesto, ma dell'antichità classica in cui affondava le sue radici. Conclusione che sembra contraddire la presunta separazione fra scienza e tecnica nel mondo greco-romano, l'assoluta incomunicabilità fra la nobiltà del sapere paludato e la volgarità dell'attività manuale. Numerosi indizi, però, suggeriscono trattarsi non di concreta repulsione ma di anacronistica distinzione, che portava a prediligere il vacuo barocco al puro essenziale. Una *forma mentis* che si ritrova nei primi modelli di macchina a vapore, con colonnine di bronzo doriche a supporto di caldaia e alberi!

Nel 1814 Giambattista Venturi, scrivendo la premessa alla sua traduzione della *Diottra* di Erone, precisava che: "*pubblicare il testo originale, sarebbe forse giudicata impresa superflua; non presentando esso né fiori di stile, né grammaticali singolarità. E non siavi, chi s'aspetti di rinvenir qui neppure lampi di matematica sublime o di recondita scienza: vi si troveranno semplicemente descritte e dimostrate le operazioni d'un'Ingegnere pratico, quali constumavansi in Egitto, un secolo prima dell'Era volgare*."[2]

1 - Da B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985, p. 9.

2 - La traduzione è contenuta nel trattato di G. VENTURI, *Commentarj sopra la storia e le teorie dell'ottica del cavaliere Giambattista Venturi reggiano, membro del cesareo regio istituto di scienze etc. della società italiana di Verona, e di più altre accademie,* Bologna 1814, pp. 82 e sgg..

Sopra: *la diottra di Erone nell'interpretazione di Giovan Battista Venturi, ricostruita dal dott. Michele Fratino di Campobasso.*
In basso: *una panoramica dell'area della Mesopotomia.*

Che poi, quell'*ingegnere pratico*, definizione sia detto per inciso non solo non riduttiva ma persino precipua di tale professione, avesse inventato e correntemente usato strumenti topografici che riappariranno solo quindici secoli dopo, era per il dotto autore non il pregio del testo, comunque fosse redatto, ma un mero dettaglio marginale!

In realtà, la sbandierata e marginale repulsione degli antichi per la tecnica, va ricondotta piuttosto ad un atteggiamento di pochi arroganti, peraltro residuale retaggio di epoche più arcaiche. I Greci prima e i Romani poi, infatti, solo a chiacchiere deprecavano gli apporti della tecnologia ed i loro fautori, non potendone fare a meno nella realtà! Assurda, quindi, la stucchevole generalizzazione che in età classica mancò ogni interesse per il progresso tecnologico, vigendo un'universale e condivisa ostilità a qualsiasi sua innovazione. Non è casuale che l'avvento delle macchine e dei congegni si ebbe a ridosso dei tre grandi bacini fluviali, Nilo, Tigri-Eufrate, Indo, stimolato dalla necessità di sollevare la loro acqua dove, paradossalmente, sembrerebbe stupido farsi carico dell'irrigazione e della fertilizzazione dei terreni, tanto generosamente e spontaneamente elargita. Ma è appunto dove già vige una produzione remunerativa, e un conseguente mercato, che si hanno interesse e mezzi per incrementarla con adeguati congegni, abbattendone i costi, per accentuarne il profitto! A quest'inoppugnabile conclusione si oppone una seconda argomentazione, soltanto in apparenza più sensata, che sembra contraddire radicalmente la delineata domanda di tecnologia nell'antichità e proprio per ragioni economiche: la sua inutilità per l'esistenza della schiavitù. In un contesto di lavoro coatto, di sfruttamento spietato della fatica forzata, di mercificazione degli sconfitti, le macchine erano nella realtà quotidiana gli schiavi, privi di diritti e di limiti d'impiego.[3]

La macchina umana

Gli schiavi, come il cinema ha insegnato e le scuole divulgato, a colpi di frusta seppero squadrare, trasportare e sollevare i diversi milioni di blocchi necessari per costruire le Piramidi; sempre col su-

3 - Cfr. E. CICCOTTI, *Il tramonto della schiavitù nel mondo antico*, Bari 1977, vol. I, pp. 8 e sgg.; AA. VV. *La schiavitù nel mondo antico*, a cura di M.I. FINLEY, Bari 1970, pp.131-156; AA.VV, *Schiavitù antica e moderna. Problemi Storia Istituzioni*, a cura di L. Sichirollo, Napoli 1979, pp. 139 e sgg.; L. FIORE, *La condizione dello schiavo nella antichità classica*, Teramo 1968, pp. 155 e sgg.; E. M. STAERMAN, M. K. TROFIMOVA, *La schiavitù nell'Italia imperiale*, Perugia 1975, pp. 182 e sgg..

dell'attività nelle miniere si preferirono, in genere, lavoratori autonomi?[4] Perché, infine, con una concorrenza tanto impari il libero lavoro non scomparve, ma anzi, come le corporazioni confermano, prosperò? Pertanto gli esempi citati, contraddicendo quanto apparentemente ovvio, fanno reputare errato il criterio di fondo, evidenziando che il lavoro servile non fu mai a costo zero, né meno che mai concorrenziale dal punto di vista economico con il lavoro libero, né fu relegato alle attività più pericolose, per cui in nessun modo può essere messo in relazione, per un verso o per l'altro, con la mancata meccanizzazione, con l'accantonamento della tecnica. La presenza delle più sofisticate pompe di drenaggio, ritrovate proprio nelle miniere romane, comunque lo si voglia giudicare, conferma senza riserve quanto delineato!

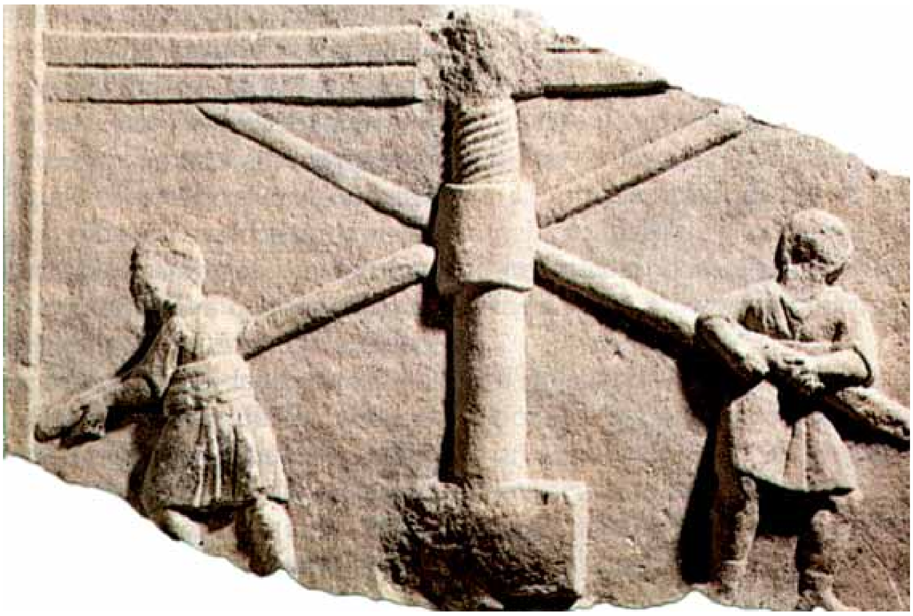
Lo sfruttamento massiccio della schiavitù, che indubbiamente ebbe un ruolo preminente nelle società

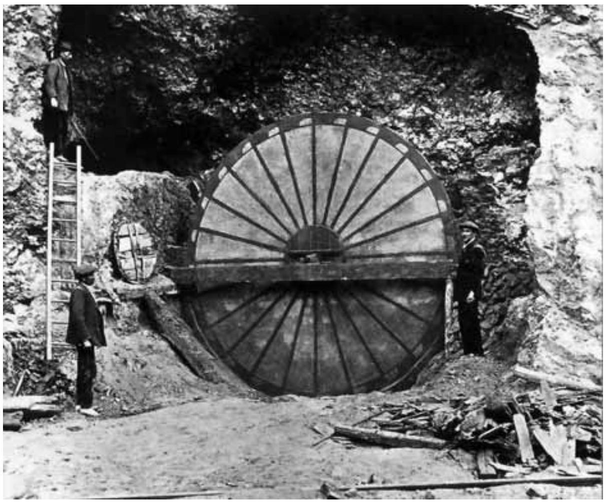
dore servile si tracciarono, aprirono e pavimentarono le strade romane; si scavarono i grandiosi canali e si edificarono gli interminabili acquedotti, si coltivarono le tenebrose miniere e si eressero i colossali anfiteatri e i tanti edifici pubblici, da un capo all'altro dell'Impero. Lavori protrattisi per secoli, utilizzando mano d'opera talmente economica, quasi a costo zero, da non far sentire l'esigenza d'alcuna macchina! Disgraziatamente proprio su questa datata idiozia, costantemente riproposta in ogni libro di testo, insiste la tesi della tecnologia superflua nel mondo antico, che può racchiudersi in estrema sintesi nell'aforisma: la presenza degli schiavi rese inutili le macchine!

Per altri studiosi, invece, la schiavitù non fu la causa ma il tragico effetto della mancata meccanizzazione. Ovvero, con un secondo aforisma: la mancanza delle macchine rese necessari gli schiavi! A sostegno di ciascuna tesi una serie di riscontri, tutti più o meno coerenti, ma nessuno realmente dirimente. Assodato che il cristianesimo non determinò la fine della schiavitù, perché quel tanto propizio sistema da un certo momento in poi venne abbandonato? Perché nonostante un così remunerativo sfruttamento, le maggiori aziende agricole in cui lo si praticò decaddero rapidamente in sterili latifondi incolti? Perché ad onta del notorio altissimo rischio

4 - Circa il trattamento degli schiavi minatori cfr. S. LAUFFER, *Le condizioni di lavoro degli schiavi minatori,* in AA. VV., *Schiavitù antica e moderna...,* cit., pp. 95-108.

In alto: *calco di uno schiavo rinvenuto a Pompei. Da notare i ceppi alle caviglie.*
Sotto: *bassorilievo di epoca imperiale romana con coppia di schiavi alle prese con una pressa a vite.*





antiche, non lo ebbe con uguale rilevanza nella loro economia confermandosi sempre di dispendioso impiego, di difficile controllo e di rapido scadimento. È pertanto una mera conclusione ideologica affermare che se la sofisticata tecnologia degli scienziati alessandrini non andò oltre la fase ludica, ciò va ascritto alla sua evidente superfluità, provvedendo le torme di schiavi a soddisfare ogni esigenza produttiva. E tuttavia, come ricordato, dopo l'affermazione del cristianesimo per numerosi studiosi la produzione per mezzo di schiavi: "*continuava a ostacolare il progresso della scienza rendendo non redditizie le macchine capaci di risparmiare lavoro e contribuiva all'impoverimento di tutti i produttori mantenendo basso il potere d'acquisto del mercato interno.*"[5]

Più in generale: "*nella storia delle forze antiche di lavoro si è riusciti, per molto tempo e da molti, a prescindere dal lavoro libero e dal proletariato, in quanto della schiavitù, ora era il suscitatore e il parassita, ora era il concorrente e in certo modo la vittima anche, e nel cui confronto possono solo intendersi le fasi e le forme dello stato servile... Ora, di passaggio, non è neppure esatto che, in tutto quel periodo, non si fosse avuto nessun ritrovato ne' mezzi tecnici della produzione. Vi fu anche qua e là qualche impulso in quel senso nelle produzioni industriali di uso più immediato e diffuso come la ceramica e la metallurgia; e perfino nell'agricoltura si ha notizia di una rudimentale mietitrice di origine gallica. È pure noto quanto si escogitò in Alessandria, per opera soprattutto di Erone. Mancò generalmente un'applicazione che, se fosse avvenuta in proporzioni apprezzabili, avrebbe automaticamente dato impulso ad altre scoperte ed a maggiori applicazioni... L'adozione progressiva dei mezzi meccanici avviene sempre per maggior convenienza economica; e manca o è ritardata dove vi è un succedaneo economicamente più conveniente, come può essere innanzitutto il lavoro umano a buon mercato.*"[6]

Con un minimo di buon senso, quel ragionamento si rivela una convenzionale e retorica favola, consentendo perciò di ristabilire la plausibilità della storia e di restituire al ruolo della tecnologia il suo giusto peso ed al suo apporto la giusta rilevanza.

Dunque, al di là della ripetuta consistenza numerica delle masse servili, peraltro tutta da verificare specialmente se relativa ad uomini giovani e robusti nel pieno della vigoria fisica, non può trascurarsi il dettaglio che, proprio in una società schiavista, quel tipo di merce aveva un notevole costo di acquisto e, per intuibili ragioni, un costo non irrilevante di mantenimento. Per cui, quando si effettua l'analisi costi-benefici della schiavitù, occorre tenere conto, preliminarmente, che la sua convenienza derivava dal presupposto che lo schiavo fosse in grado di fornire un utile economico mediamente superiore alla somma del differenziale costo-iniziale costo-finale col suo costante mantenimento. Presupposto che, ovviamente, non si applica alla servitù domestica, simile nella sua logica d'utilizzo

5 - Da V. G. CHILDE, *Il progresso nel mondo antico*, Milano 1975, p. 270.

In alto, a sinistra: *una pompa di drenaggio da miniera del XX sec.*.
In alto, a destra: *pompa romana del I sec. rinvenuta in Spagna. Notevoli le affinità funzionali con quella del XX sec.*.

6 - Da E. CICCOTTI, *Il tramonto della schiavitù...*, cit., pp.7-8.

agli attuali elettrodomestici, macchine necessarie, indipendentemente dal costo e dai consumi, per alleviare le fatiche quotidiane e non per produrre alcunché.

Tornando al lavoro coatto, invece, anche volendo limitare il ragionamento unicamente alla spesa di mantenimento degli schiavi, affinché il loro sfruttamento risulti remunerativo occorre che sia inferiore all'utile prodotto, esito che in meccanica si chiama rendimento positivo. Questa condizione, che va reputata l'origine storica della schiavitù, si perde nella età del bronzo e forse anche prima, quando un unico coltivatore già poteva sfamare col suo lavoro tre o quattro persone: risultato che sottintende un discreto surplus produttivo, un reddito discreto al netto del suo sostentamento. L'analisi e le conclusioni, però, quando riferite all'economia schiavistica romana, o supposta tale, non sono più tanto lineari e semplici. Occorre, infatti, tener conto di molti più fattori di quelli innanzi ricordati, come pure di molti più dati relativi alla produzione lavorativa libera: tanto per esemplificare, gli incidenti, che tutto lascia immaginare molto frequenti, abbattevano il valore degli schiavi e, spesso, lo annullavano completamente gravando sui costi complessivi. Facile, perciò, supporre quanta più attenzione fosse dedicata alla loro sopravvivenza rispetto ai lavoratori liberi, non remunerati in alcun modo in caso d'incidente o morte! Sensato concludere che presso i Romani, quando non aizzato da precise ragioni, quali ad esempio condanne penali o ideologico-religiose, lo sfruttamento del lavoro servile garantì più la sopravvivenza del lavoratore schiavo che del libero. Questo senza contare la scarsa durata della vita media e le grandi epidemie, che contribuivano a rendere oltre che modesti, non di rado, del tutto aleatori i guadagni e, per contro, rilevanti i rischi.

Schiavi e macchine

Nessuna meraviglia che persino il pragmatico: "*Varrone suggeriva di adoperare ne' luoghi e ne' lavori malsani lavoratori liberi piuttosto che servi...* [riconoscendo così] *tutti i danni e gli svantaggi della mortalità degli schiavi. Quando lo stesso Catone consigliava di vendere lo schiavo divenuto vecchio e inutile, segnalava, anche senza volerlo, gli svantaggi di uno strumento di lavoro che funzionava a pro del padrone, ma si esauriva anche a suo danno. Possedere schiavi voleva dire avere impiegato nel loro acquisto un capitale, che ne esigeva altro per mantenersi, e correre quindi tutti i rischi della perdita, del rinvilio, dell'improduttività e dell'inerzia che, per tempo più o meno lungo, lo rendesse infruttifero.*"[7]

Anche trascurando gli oneri imputabili all'alta mortalità[8], il lavoro coatto implicava comunque dei costi non solo non trascurabili, ma di frequente neppure concorrenziali con quello libero. Andavano, infatti, conteggiate le spese necessarie per l'alimentazione degli schiavi, corresponsione in diversi settori appena inferiore alla paga dei liberi lavoratori, ed ancora gli oneri della loro sorveglianza, ingenti per l'infima letalità delle armi dell'epoca, senza contare le perdite dovute al sistematico scarso rendimento, ai ricorrenti sabotaggi ed alle fughe. È emblematico che vari imperatori, per non gettare nella disperazione tanti liberi lavoratori, proibirono la diffusione delle macchine, ma mai quella degli schiavi: dalle moltiplicazione delle prime e non da quella dei secondi, si paventava il collasso della richiesta di mano d'opera libera!

Vespasiano, ad esempio, proibì l'impiego di una potente gru giustificando il rifiuto con la perdita di lavoro, e quindi di reddito, per le classi popolari. Tiberio, a sua volta, fece sopprimere l'inventore di un vetro infrangibile, temendone le conseguenze destabilizzanti sull'economia. Plinio, descrivendo le miniere d'oro spagnole, ne ricorda i 60.000 minatori liberi che le coltivavano. Le macchine, quindi, almeno in Italia furono osteggiate e non perché superflue a causa della schiavitù, ma per paura della loro concorrenza al lavoro libero, in nessun modo minacciato, invece, da quello coatto! Atteggiamento diverso nelle regioni centrali dell'Impero, dove: "*non è senza interesse il notare come la maggior parte de' miglioramenti ne' mezzi di produzione e specialmente negli strumenti rustici venisse nelle province, specialmente dalle Gallie...* [Da lì] *veniva la nuova forma d'aratro a ruote, che, riversando le zolle e sommergendo le erbacce, rappresentava un notevole progresso. Nelle Gallie stesse, non solo la mietitura non esigeva un lavoro doppio come in Italia, ma si faceva con una specie di macchina, spinta da ani-*

7 - Da E. CICCOTTI, *Il tramonto della schiavitù...*, cit., p. 202.
8 - Un significativo indicatore delle conseguenze economiche della mortalità sul lavoro degli schiavi sono ravvisabili nei dispositivi che iniziarono a diffondersi per la protezione della salute, ad esempio: "*i forni di fusione negli stabilimenti siderurgici erano provvisti a protezione degli operai di alte ciminiere per l'eliminazione dei velenosi vapori di piombo e di arsenico che si sprigionavano dalla fusione dell'argento. Nel pericoloso lavoro di preparazione del mercurio e del cinabro i fonditori usavano maschere e altri mezzi di protezione.*" da S. LAUFFER, *Le condizioni di lavoro degli schiavi minatori*, in AA. VV., *Schiavitù antica e moderna...*, cit., p. 104.

mali e guidata dall'uomo, che importava un grande risparmio di tempo. [La sua introduzione ha una] *ragione forse...* [nella] *relativa scarsezza di lavoratori e* [nel]... *costo della mano d'opera* [che]... *costringeva a cercare loro un surrogato ne' mezzi meccanici, conciliabili con lo stato de' tempi e suscettibili di compiere il lavoro con risparmio di tempo e di opera umana...* [Gradatamente] *si faceva strada in maniera sempre più distinta e insistente la nozione della improduttività e degli svantaggi del lavoro servile.*"[9] La macchina, quindi, inizia a comparire proprio là dove si manifesta una carenza di braccia libere, piuttosto che di schiavi.

Qualche studioso, del resto, ha fatto osservare, con stringenti esempi, che: "*vi furono progressi tecnici molto maggiori in alcune civiltà che conoscevano la schiavitù, come l'Egitto, che in altre in cui questa era praticamente sconosciuta, come Israele. Vi furono progressi maggiori dal punto di vista tecnico durante il periodo schiavista della storia romana che nel periodo delle grandi emancipazioni. E la liberazione degli schiavi al tempo delle invasioni barbariche non ha prodotto alcun progresso tecnico sensibile.*"[10] In conclusione non si può ascrivere, sia in positivo che in negativo, il blocco del progresso tecnico alla schiavitù, spiegazione suggestiva ma inverosimile e squisitamente ideologica. Il famoso blocco, se mai esistito: "*si sarebbe dunque prodotto dopo lo sforzo di sintesi realizzato dalla scuola di Alessandria.*"[11] Per cui l'ostentato disinteresse per la tecnica e i tecnici, che tanti patrizi ed intellettuali romani affettano, sembra piuttosto voler celare una loro origine servile. Ed essendo la gran parte degli scritti pervenutici composti proprio da esponenti di tali classi, ne consegue una percezione di condivisione per quella repulsione ben lontana dalla vigente.

Se, infatti, la pubblicistica tecnico-scientifica, a qualsiasi livello la si voglia collocare, conobbe ampia produzione e vasta diffusione nella società romana non fu per una mera curiosità o una sterile infatuazione. Quel genere di interesse è funzione della convenienza materiale e non di un platonico compiacimento, per cui proprio nei Romani si ritrovano le realizzazioni dei meccanici alessandrini, senza però il loro spirito speculativo.[12] In altre parole riuscirono a prendere ma non a comprendere, per cui tra i loro grandi uomini: "*non annoverarono nessuno scienziato di fama, così come, per ragioni probabilmente identiche, non ebbero nessun tecnico di genio. Tutto ciò che si può leggere in questa letteratura lo conferma in sovrabbondanza. Essi sanno curare l'esecuzione, se non addirittura la rifinitura, ma non si perdono in minuzie e ragionano poco; e i loro successi sono una serie di successi individuali, da cui non si risale alle vere cause.*"[13]

Diffusione orizzontale e verticale

Quanto appena delineato, sebbene appaia condivisibile nei riscontri non lo è tuttavia dal punto di vista concettuale, scaturendo ogni progetto, specie quando relativo ad opere di notevoli dimensioni, da una serie di analisi e conclusioni, che vanno dalla forma al funzionamento, dalla fattibilità ai costi, capisaldi che presumono innumerevoli valutazioni e verifiche. Immaginare che un acquedotto, lungo più di cento chilometri, si sia potuto progettare sulla botte, tra una bevuta e l'altra, quando oltre al tracciato occorreva stabilire, con estrema precisione, le relative quote altimetriche, è per lo meno avventato. Probabile, se mai, che la dinamica progettuale romana si discostasse dalla nostra, procedendo nelle parti critiche più per riscontri diretti sul posto, che per modelli teorici.

Quanto poi alla mancanza di personalità di spicco in ambito tecnico-scientifico, potrebbe nascondere una diversa spiegazione: i Romani non ebbero eminenze nel settore scientifico e tecnico perché furono mediamente molto più abili e competenti dei coevi! Certamente un meccanico alessandrino era in grado di progettare un grande acquedotto, ma altrettanto certamente quasi tutti i tecnici delle legioni erano in grado di costruirlo! Del primo si tramanda il nome perché reputato un insigne scienziato, non così dei secondi, reputati normali ufficiali!

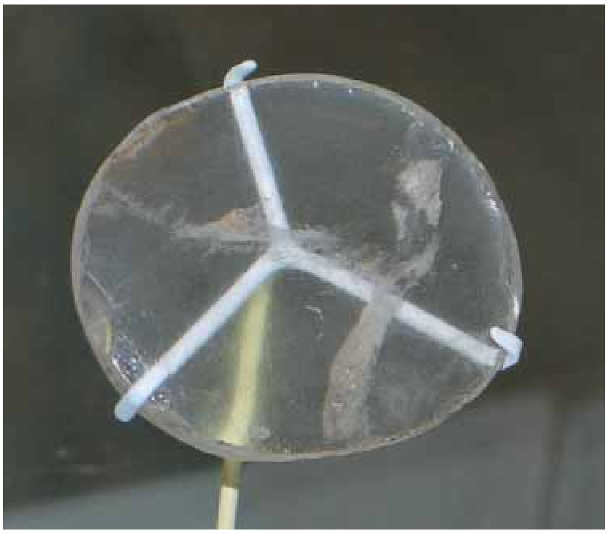
Fino a non molti anni fa si è sempre supposto che gli antichi non conoscessero le condotte forzate, o per lo meno non fossero in grado di costruirle, e per ignoranza tecnica e per carenze tecnologiche, non esistendo materiali adatti a realizzarle. L'affermazione si è rivelata destituita di qualsiasi fondamento, essendosi rinvenuti numerosi resti di condotte forzate impiegate nei grandi sifoni degli acquedotti romani per superare profonde vallate. Condotte capaci di sopportare pressioni di esercizio di oltre 20 kg/cm[14], ancora oggi entità rilevante, di cui non solo

9 - Da E. CICCOTTI, *Il tramonto della schiavitù...*, cit., p. 208.
10 - Da B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985, p. 199.
11 - Ibid., p. 199
12 - Ibid., p. 209.
13 - Da B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985, p. 209.
14 - Cfr. L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Milano 2003, p. 147.

loro fitta trama di infrastrutture, resasi necessaria poiché: "*l'immenso spazio geografico dell'impero esigeva una organizzazione fortemente strutturata. I romani non soltanto ne ebbero coscienza, ma seppero anche realizzarla alla perfezione. Una tale organizzazione non poteva che poggiare su tecniche molto elaborate in un gran numero di campi, i più diversi.*"[15]

Sopra: *segmenti di condotta forzata di epoca romana.*
In basso: *lente di epoca romana.*

non si conosce l'ideatore e il realizzatore ma neppure la mera esistenza, confermano la diversa mentalità, interessata alla pratica attuazione piuttosto che alla teorica elucubrazione. La tecnologia e l'ingegneria, infatti, sono da sempre in grado non solo di accrescere il benessere ma anche di esaltare la produ- zione e le istituzioni militari. Di ciò i Romani furono i più consapevoli dell'antichità sebbene la loro predisposizione verso la ricerca scientifica pura non fu mai rilevante, anche perché quel ruolo se lo erano già accollato i Greci, per cui bastava solo utilizzarne i risultati in maniera ottimale. Pertanto, parafrasando il Venturi, è giusto parlare nei loro confronti di una *ingegneria pratica*, priva del supporto diretto delle deduzioni fisico-matematiche, ma ben dotata delle conclusioni empirico-sperimentali, anche di seconda mano. A dimostrarlo la evidente constatazione della



Un singolare paradosso quello di essere, al contempo, un popolo di scarse attitudini scientifiche e di straordinarie capacità tecniche! Anomalia che lascia supporre una realtà tecnologica avanzata e diffusa, ma non divulgata e neppure rappresentata, quasi invisibile. Un eclatante esempio è sufficiente al riguardo: conosciamo dettagliatamente com'era una città romana, non fosse altro che per Ercolano e Pompei, ma non sappiamo come i Romani nella vita quotidiana accendessero il fuoco e, soprattutto, come si rifornissero di legna da ardere o di carbone a Roma! Soluzioni tecniche e tecnologiche dimenticate, ideali quando riscoperte a supportare un'indebita appropriazione Per restare ancora nello stesso ambito, una vasta gamma di riferimenti letterari, di rinvenimenti archeologici e di testimonianze indirette hanno fatto motivatamente concludere che i Romani conoscevano le lenti d'ingrandimento e le utilizzavano sia per cauterizzare le ferite[16], sia per accendere il fuoco, sia ancora per favorire gli incisori ingrandendo le immagini. Tuttavia quando ricomparvero le lenti d'ingrandimento, gli occhiali da vista, e forse lo stesso cannocchiale, già descritti intorno alla metà del XIII secolo da Ruggero Bacone[17], e da Ro-

15 - Da B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985, p. 210.
16 - G. PLINIO SECONDO, *Naturalis Historia*, XXXVII, 28, così la traduzione del brano: "*ho scoperto che, tra i medici si crede non esistere miglior sistema di cauterizzare le parti del corpo* [ferite] *che impiegando una sfera di cristallo posta in maniera da essere attraversata dai raggi del sole.*"
17 - R. BACONE, *Opus Majus lib. V*, così la traduzione del brano: "*se un uomo guarda delle lettere o altri piccoli oggetti attraverso un cristallo, un vetro o qualsiasi altro diaframma trasparente collocato sopra le suddette lettere, se tale diaframma avrà per la forma di una parte di una sfera la cui convessità sia diretta verso l'occhio, essendo l'occhio nell'aria, quest'uomo vedrà molto meglio le lettere ed esse gli sembreranno più grandi. Per questa ragione questo strumento è utile ai vecchi e a coloro che hanno la vista de-*

berto Grossatesta[18], si ritennero delle sensazionali invenzioni, delle assolute novità, finendo per attribuirli a Galileo Galilei.

La meccanizzazione invisibile

Per restare all'esempio precedente, è sensato ritenere che per accendere il fuoco le matrone non percuotessero due pietre focaie, come nel paleolitico. Come pure è assurdo per quanto delineato, immaginare che al posto delle macchine si massacrassero miriadi di schiavi solo perché esistevano! È, invece, molto più sensato il contrario, perché anche allora, giova ripeterlo, tanto le costruzioni edili quanto qualsiasi produzione industriale di rilevante entità, avveniva per ovvie ragioni in regime di concorrenza e con la logica degli appalti pubblici, ovvero secondo la legge del mercato, da sempre orientata verso il ribasso e non verso il contrario.

Le macchine, pertanto, non solo esistevano ma furono anche utilizzate ampiamente quale che fosse il parere dell'imperatore in carica, parere che se mai, proprio per essere così autorevole, conferma ben diffuso e vigente l'esatto contrario. Soltanto con l'ausilio delle macchine era possibile soddisfare l'accresciuta richiesta di beni, contenendone i costi, riducendo l'altissima incidenza della mano d'opera e omogeneizzandone la qualità, a prescindere se i lavoratori fossero liberi o schiavi. Di ciò, purtroppo, fanno scarsissima fede i ritrovamenti archeologici, e non potrebbe essere altrimenti essendo quasi la stragrande maggioranza di quei congegni costruiti in buona parte di legno, materiale rapidamente degradabile. Nel Colosseo abbiamo le guide di una sessantina di montacarichi, ma nessun loro elemento, come del resto delle centinaia di macchine teatrali di varia complessità e la cui elaborazione e costruzione non si può immaginare affidata a disprezzati tecnici, ma a ben pagati ingegneri, essendo anche il mondo dello spettacolo da sempre foriero di ampi consensi e guadagni.

Poche, per giunta, le componenti di ferro o di bronzo di quelle macchine, a loro volta facili alla scomparsa integrale per corrosione del primo metallo e per riuso del secondo, con le ovvie conseguenze. Al riguardo è senza dubbio emblematico osservare che delle decine di migliaia di pezzi d'artiglieria elastica, impiegati dai Romani per quasi otto secoli e in ogni angolo del loro Impero, a tutt'oggi ce n'è pervenuta a mala pena una carriolata di rottami, spaiati e decontestualizzati, per di più talmente malconci da riuscirne improba l'identificazione, ad onta dei relativi trattati tecnici, pervenutici a loro volta in poche e frammentarie pagine. Né un significativo aiuto si trae dalle relative coeve raffigurazioni, che finora non eccedono la mezza dozzina e in nessun caso estese all'intera arma.[19] L'esempio ribadisce, se mai ve ne fosse bisogno, anche la repulsione degli storici e dei memorialisti greci e romani verso la tecnica e quanto a essa attinente. Disattenzione e rimozione che possono spiegarsi non certo, o almeno non solo, perché quelle macchine erano prodotti di attività manuali e a esse destinate, ma soprattutto perché il loro semplice funzionamento esulava dalla comprensione degli intellettuali, scrittori o lettori che fossero, incapaci di afferrarne la logica meccanica. Discorso analogo per pittori e scultori che si astennero sistematicamente dal raffigurarle, se non in maniera eccezionale sulle steli funebri. Del resto quanti storici sono oggi in grado di comprendere e descrivere il funzionamento di un motore elettrico e, poi, per quale ragione? Quanti pittori ne hanno ritratto uno con chiarezza?

Nessuna meraviglia, quindi, che quelle descrizioni non trovassero spazio negli scritti e nelle immagini ed allorquando, per eccesso di zelo o per mera ostentazione, alcuni autori vollero infrangere la regola, finirono per esporre saccenti idiozie spacciandole per dotte spiegazioni. I veri tecnici, o per meglio dire la tecnica stessa, col decadere dell'Impero iniziò a tacere, perché priva di divulgatori e di lettori interessati a intenderla, prima ancora di apprezzarla. Le nostre fonti scritte, perciò, si riducono a due scarne tipologie: menzioni generiche e casuali in opere letterarie di macchine, con riferimenti approssimati e laconici, da cui se ne può unicamente dedurre l'esistenza in un preciso ambito storico; menzioni più dettagliate e corrette in trattati tecnici, cioè nella pubblicistica specializzata destinata agli addetti ai lavori, pervenutici sempre incompleti e quindi di improba decifrazione. A renderli, poi, ulteriormente oscuri, l'impiego di un

bole, poiché possono scorgere con una grandezza sufficiente anche i più minuscoli caratteri... Potremmo dire molte cose rispetto alla visione spezzata poiché gli oggetti più grandi possono apparire piccoli e reciprocamente oggetti lontanissimi possono apparire molto ravvicinati. Dato che ci è possibile tagliare dei vetri in modo tale e disporli in tale maniera rispetto al nostro sguardo e agli oggetti esteriori, che noi vedremo un oggetto vicino o lontano sotto il determinato angolo che noi vorremmo...".

18 - R. GROSSATESTA, *De iride 73-74*, così la traduzione del brano: *"questa parte dell'ottica, se perfettamente conosciuta, ci mostra il modo in cui possiamo far apparire vicinissime le cose molto lontane, grandi le cose vicine piccolissime, e grandi a nostro piacere le cose piccole lontane...".*

19 - Sull'argomento cfr. F. RUSSO, *L'artiglieria delle legioni romane*, Roma 2004, pp. 37-45.

Oblio e permanenza

Della rilevante mole di ricerche, di studi, di scoperte scientifiche e di invenzioni tecnologiche, sviluppate dalla cultura ellenistica ed utilizzate dai Romani, ben poco ci è pervenuto integralmente. Scarsissimi gli scritti, persino meno i reperti archeologici: per giunta, se di quest'ultimi quasi sempre ignoriamo l'effettiva appartenenza, dei primi, quasi mai abbiamo l'originaria compilazione dato che gli autori romani per prassi acclarata li sintetizzarono a discrezione, spesso alterandone inconsciamente i contenuti. In merito è stato ricordato da vari studiosi che la letteratura tecnica romana: "*rende onestamente riconoscimento all'apporto degli autori delle altre civiltà verso cui è largamente tributaria. Tecnico mediocre, il latino sente il bisogno di appoggiarsi sugli altri almeno quanto quello di manifestare la propria erudizione. Si nota qui subito il carattere del tutto particolare di questa letteratura. Si tratta, più che di una tecnologia propriamente detta, dell'inserimento di norme tecniche in un'organizzazione generale*."[20]

Va ancora osservato che le pubblicazioni di argomento tecnico e tecnologico, opere specialistiche per specialisti, non difettavano in epoca imperiale, come non difettano oggi quelle inerenti alla storia delle rispettive discipline. Finora ne sono state edite un gran numero, ricerche per lo più pregevoli e accurate, con interpretazioni e valutazioni quasi sempre di cospicua perspicacia. Alcune di esse, però, deducono la tecnologia vigente in età classica, quasi esclusivamente dalle coeve fonti scritte, integrate quando possibile con eventuali immagini provenienti dallo stesso contesto temporale, evitano qualsiasi ulteriore approfondimento deducibile da anomali reperti archeologici. Procedura che insiste sulla supposizione gergario convenzionale, a noi del tutto ignoto, e la perdita dei relativi grafici. Per un verso e per l'altro, le fonti scritte e iconiche si confermano di scarso apporto, ottime però come verifica.

Un perfetto riscontro di quanto delineato si coglie, come accennato, nel X libro del *De architectura* di Vitruvio, che per molti aspetti anticipa la mentalità e la preparazione professionale dell'ingegnere rinascimentale, dalle competenze estese dalla meccanica alle armi. Non a caso l'autore, sedicente ingegnere militare nelle legioni di Cesare, si sofferma a descrivere con dovizia di dettagli tecnici le macchine di uso corrente in ambito civile e militare. Nonostante ciò la trattazione appare spesso confusa e lacunosa, soprattutto nella sezione relativa alle artiglierie elastiche, le macchine, ancor prima che le armi, più complesse e sofisticate dell'età classica, al punto da far seriamente dubitare circa la sua effettiva competenza. E più ancora, se la mutila astrusità sia conseguenza di una sua insufficienza espositiva o di un'insufficiente copiatura da un autore greco! Gravi carenze ed omissioni che solo accettando quanto delineato possono spiegarsi, con la debita riserva, in un ingegnere militare, che continua ad avvalersi della nomenclatura greca per indicare tutte le componenti di armi, ormai da quasi tre secoli in dotazione nell'esercito romano!

20 - Da B. GILLE, *Storia delle...*, cit., p. 206.

In alto: *scheletri di alcune vittime dell'eruzione del Vesuvio del 79 d.C., da Ercolano.*

che le opere pervenuteci siano state le più importanti e, quindi, esaustive e dirimenti in materia, con conseguenze deprecabili. Va sottolineato però che: "*la gravità della distruzione delle opere ellenistiche è stata spesso nel passato sottovalutata, in base all'ottimistica teoria che quelle sopravvissute fossero le migliori. Si era pensato che la civiltà classica avesse tramandato alcune opere fondamentali che erano riuscite a includere le conoscenze contenute negli scritti perduti. Purtroppo questa visione ottimistica si è rivelata destituita di fondamento.*

I lavori migliori, infatti, non possono salvarsi grazie a un meccanismo automatico di selezione naturale in presenza di un generale regresso della civiltà... La selezione dei posteri ha privilegiato le compilazioni o, in ogni caso, gli scritti che usavano un linguaggio ancora comprensibile nella tarda antichità e nel medioevo, quando la civiltà era regredita al livello prescientifico."[21] Banalizzando questa stringente osservazione, dovremmo immaginare, nell'incombenza di una catastrofe, che i fuggiaschi preferiscano portare con se opere d'arte, perché ricercati, piuttosto che monete d'oro! I Romani, che tentarono di scampare alle ire del Vesuvio, avevano con se denari e gioielli, ma non certo statue e quadri, magari di gran lunga più costosi!

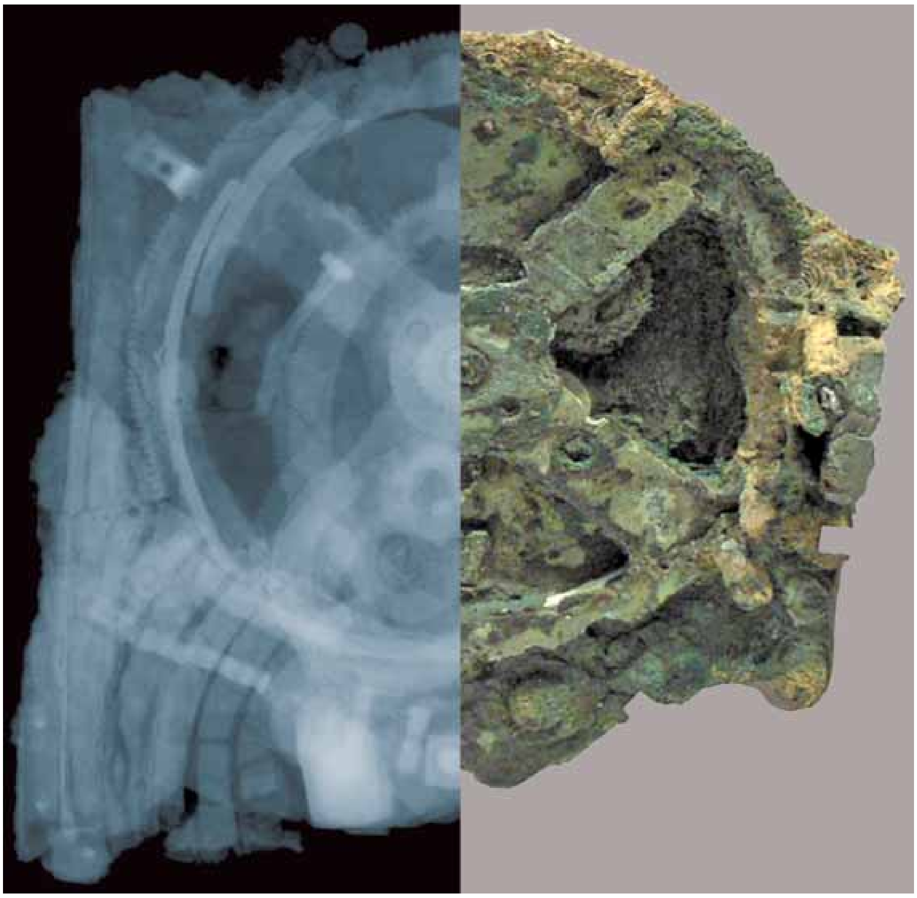
La tecnologia incompresa

A rendere l'età classica più povera di tecnologia contribuisce, al di là della scarsità dei ritrovamenti, delle menzioni scritte e iconiche, a volte anche l'incapacità identificativa dei reperti insoliti o, peggio ancora, che somigliano ad altri oggetti coi quali sono scambiati. Nell'area imperiale romana, specialmente in Italia, in seguito al gran numero di scavi condotti un po' ovunque, ogni giorno tornano alla luce innumerevoli oggetti che, nella pressoché assoluta totalità risultano di facile comprensione. In rari casi, tuttavia, ciò non avviene esulando le loro connotazioni dalle note e ricorrenti. Ad aggravare ulteriormente l'incertezza, spesso il rinvenimento avviene in ambiti decontestualizzati dagli originali d'impiego, per vicende del tutto ignote ed imponderabili, privando perciò gli archeologici persino di quell'esile suggerimento. Tanto per esemplificare, appartengono a questa anomalia frammenti di un congegno rotto, in attesa di fusione in una fonderia non di rado molto distante da dove si usava; come pure una macchina in corso di consegna, affondata con la nave che la trasportava, in seguito smembrata e parzialmente dissolta dal mare; o ancora un'arma mutilata dalla combustione e finita sotto cumuli di macerie, provocate dalle distruzioni belliche.

Esiste, infine, un'altra indeterminazione, più grave della precedente: quella delle errate identificazioni per apparente somiglianza. Alquanti reperti, infatti, ad occhi non tecnici, o non sufficientemente esperti della precipua tecnica, si presentano con connotazioni che ricordano altri oggetti, noti e

21 - Da L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata...*, cit., pp. 24-25.

Sotto: *il meccanismo rinvenuto ad Antikythera in un'immagine costruita al computer che mostra affiancate una radiografia ed una foto del reperto.*



diffusi, con i quali finiscono per essere confusi. Il che non solo trasforma a volte rare testimonianze in banali doppioni, ma facendoli reputare privi d'interesse ne provoca la sepoltura definitiva nei grandi depositi dei musei, spesso sotto l'etichetta abusata di *oggetti di culto*: mesta lapide per la loro estrema scomparsa.[22] Poco mancò, per esempio, che il celebre *Meccanismo di Antikythera,* scambiato originariamente per il rottame di una sveglia caduta in mare, restasse tale: ci volle comunque quasi mezzo secolo per ipotizzarne un'interpretazione tecnicamente plausibile. Similmente dei pezzi di baliste vennero scambiati per mozzi di ruote e scudature di catapulte per piastre di serrature!

Un discorso a parte merita l'interpretazione delle fonti iconiche che, quali ne siano i rispettivi supporti, a fronte di un'oggettività indubitabile per gli oggetti raffigurati, hanno spesso angoli di proiezione talmente inusuali da renderli incomprensibili. Giustamente si è osservato che bisogna vagliarle e considerarle con cautela: "*in quanto vi è un problema tecnico: solitamente queste immagini soffrono l'appiattimento bidimensionale che gli artisti dell'epoca non sapevano superare e dunque risultano difficilmente decifrabili. Si pensi, ad esempio, alla questione delle imbarcazioni, delle quali possediamo una grande quantità di raffigurazioni, ma nessuno oggi potrebbe affermare con precisione come erano fatte le architetture superiori delle navi antiche; si pensi anche alla groma che, nota attraverso il rilievo funebre di un agrimensore eporediese, non fu mai compresa nella sua tipologia fino al ritrovamento, avvenuto a Pompei nel 1912, delle parti che la componevano.*"[23]

Restando ancora all'interpretazione delle fonti iconiche, oltre alle difficoltà anzidette, né esistono altre derivanti dalla scelta discrezionale delle proporzioni. In pratica, una scala riduttiva autonoma rispetto a quella dell'intera scena rappresentata, assolutamente non omogenea, conseguenza di un dimensionamento convenzionale e per giunta variabile. In altre parole un oggetto, un congegno, un individuo non hanno nel campo iconografico una grandezza rigidamente prospettica, neppure approssimativamente prospettica, come nelle nostre fotografie, ma soltanto discrezionale, stabilita cioè in base alla loro rilevanza che, a giudizio dell'artista, occupano nell'evento. Una gru, ad esempio, può risultare molto più piccola del carico che sta sollevando, quando questo è costituito da una celebre opera d'arte; un faro più basso di una nave, se quest'ultima è reduce da una famosa impresa; uno schiavo sempre di gran lunga più piccolo del padrone, ecc.. Solo per pura aderenza ad un minimo di realismo sono inseriti, con minori o maggiori dettagli e fedeltà, anche alcuni particolari, che per noi spesso costituiscono l'aspetto fondamentale. Ma non per questo le loro dimensioni divengono realistiche, variando sempre in funzione della rilevanza svolta dal congegno nel contesto. Rilevanza, per inciso, che può dipendere dalla sua recente introduzione, dalla sua efficacia e, non ultimo, dal suo costo, criteri comunque non necessariamente riconducibili alla preminenza meccanica che noi vi possiamo ravvisare!

Al pari dei reperti archeologici enigmatici, non mancano immagini relative a oggetti e congegni del tutto ignoti o non identificati, ignoranza che magari nel Medioevo poteva non sussistere trovando ancora impiego, ma in seguito drasticamente abbandonati, al punto che oggi non siamo in grado di comprenderne né il funzionamento né la finalità. Non di rado questa sorta di UFO del passato compaiono su monumenti di straordinaria notorietà, mai scomparsi dalla vista, neanche per breve tempo. Volendo anche

22 - In merito cfr. F. RUSSO, F. RUSSO, *Pompei: la tecnologia dimenticata,* Napoli 2007, pp. 40-46.

In alto: *bassorilievo di epoca imperiale romana, dai Musei Vaticani, raffigurante la costruzione di una complessa tomba. Sul lato sinistro si scorge una grossa gru.*

23 - Da G. DI PASQUALE, *Tecnologia e meccanica. Trasmissione dei saperi tecnici dall'età ellenistica al mondo romano,* Firenze 2004, pp. 11-12.

nendo termine al mistero, nella stragrande maggioranza degli altri sussistono scarsissime speranze di poterlo fare. Appare ovvio che di siffatti congegni ignorandosene le destinazioni d'uso, non se ne possano scoprire le eventuali derivazioni, le quali ai nostri occhi assurgono perciò a novità assolute, ad invenzioni autonome.

Simili concettualmente alle immagini indefinibili, anche le tracce enigmatiche, che pervenuteci spesso in gran numero e con caratteristiche sostanzialmente costanti, o sono state testardamente ignorate o come inutili *ludus naturae*, o sistematicamente fraintese e spiegate in maniera ridicola. Tali, sempre per esemplificare, i lunghi solchi paralleli incisi nel basolato di alcune strette strade di Pompei, evidentemente destinati a guidare le ruote dei carri, confusi con le tracce da usura lasciate dalle stesse. Emblematica la rete di rotaie siffatte, circa 150 km, presenti a Malta, datata al II millennio a.C.!

Premesse queste indispensabili puntualizzazioni a cui si attiene la ricerca, per accertare le eventuali remote origini, l'apporto culturale della scienza e della tecnica ellenistica agli albori del nostro Rinascimento ricorda, per molti aspetti, l'appiccarsi d'un incendio ad una catasta di materiali facilmente infiammabili, accumulati per caso e in grande quantità.

Sopra: *bassorilievo dalla Colonna Traiana raffigurante due serventi alle prese con una catapulta.*
In basso: *i binari scavati nei basoli a Pompei (a sinistra) comparati a quelli presenti sull'isola di Malta (a destra).*

di ciò fornire un significativo esempio, è il caso di alcune macchine belliche scolpite sulla Colonna Traiana delle quali, nonostante l'ottima definizione della raffigurazione, non ne sappiamo l'esatta natura. Né le fonti letterarie ci sono di aiuto al riguardo, ignorandole completamente e se, in sporadici casi e per circostanze eccezionalmente fortuite, si è pervenuti alla fine ad una corretta identificazione, po-

Il tramonto del Medioevo

L'anno 1492, canonica data conclusiva del Medioevo, al pari di tutte le datazioni convenzionali, sembra una mera indicazione priva di concreti riscontri sul piano umano. Ma, mai come in questo caso, la realtà appare diversa dal momento che a cavallo di quel preciso anno, una serie di eventi e d'invenzioni, che in buona parte li determinarono, cambiò tanto drasticamente il corso della storia, da imporre quella cesura epocale. Dal concludersi della *riconquista spagnola*, culminata con la presa di Granada e la cacciata degli ultimi Mori, alla scoperta dell'America, dalla morte di Lorenzo il Magnifico alla elezione di AlessandroVI, dalla diffusione della stampa al debutto dei rivoluzionari cannoni francesi, fu un serrato susseguirsi di novità stravolgenti. Infatti, i loro corollari divennero da un lato l'abbandono dell'angusta rigidità del pensiero medievale, aprendo la strada al metodo sperimentale e alla nuova scienza, dall'altro l'abbandono dello scenario mediterraneo quale sfondo strategico in favore del nuovo continente ricco di suggestioni e promesse.

Di tono minore ma altrettanto stravolgente l'irreversibile e definitiva dismissione dei canoni dell'architettura militare, vigenti da oltre tre millenni e dei loro pittoreschi e arcaici condizionamenti urbanistici e sociali. Come pure la diffusione se non capillare di gran lunga più ampia ed economica del sapere, grazie alle tante copie di ogni singolo libro consentite dalla stampa! Per limitarci agli aspetti più radicalmente nuovi.

Protagonisti, e al contempo prodotti, di questa incipiente rivoluzione culturale e tecnologica, la cui veloce incubazione si completerà pienamente nel corso dello stesso Rinascimento, furono principalmente i già ricordati artisti-ingegneri, sempre più ingegneri e meno artisti, ovviamente sorretti e incentivati dalla mutata sensibilità nei confronti della loro professione. Più in generale da: "*popolo pratico e industrioso qual era, gli Italiani non compresero mai pienamente il disprezzo dell'antichità per le «arti». In ogni caso non sembra che il rovesciamento di valori, dalla teoria alla pratica, costi tanta fatica nel paese di Leonardo da Vinci e di Galileo... In questo paese, allora, il potere è nelle mani di grossi borghesi arricchiti, come i Medici e tutti i loro potenti rivali. Lo sviluppo delle arti, del commercio e degli affari facilita l'accesso alla vita intellettuale, e al mondo che oggi diciamo*

Scorcio dell'Alhambra a Granada.

della scienza... In qualche modo si viene stabilendo un legame tra funzione dell'artigiano e quella dello scienziato, che prelude al legame di idee tra le arti e la scienza. Così cominciano a delinearsi le condizioni della scienza moderna alla cui origine... c'é «un ritorno ad Archimede»."[24]

Le tappe della riscoperta

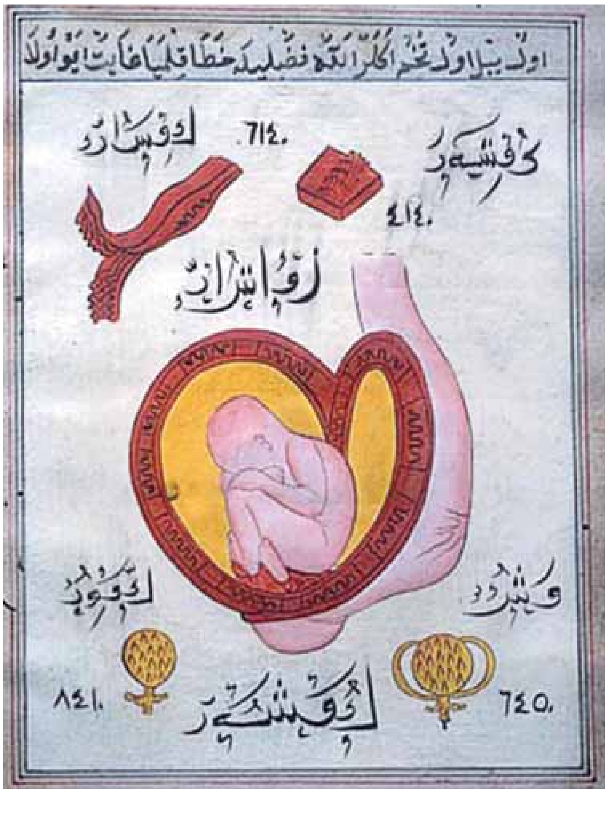
Dal punto di vista cronologico, come osservato, le riscoperte della cultura alessandrina furono molteplici nel corso degli ultimi venti secoli. La prima avvenne già in epoca imperiale, quando i Romani adottarono, con l'acuirsi delle esigenze determinate dalla stessa ampiezza del loro Impero, più che la scienza, la tecnologia ellenistica e le sue potenzialità applicative. La seconda cooptazione, peraltro modestissima, si registra nella prima metà del VI secolo e andrebbe considerata piuttosto una coordinazione fra la cultura ellenistica romana e quella bizantina. Diversa, invece, la riscoperta islamica avviatasi intorno all'VIII secolo, con esiti talmente peculiari da farla ritenere una manifestazione autonoma. Di certo prendono avvio proprio da questo periodo le traduzioni in arabo dei testi ellenistici, che significativamente ancora circolano nel Vicino Oriente, ed a cui siamo debitori in misura notevole della sopravvivenza dei trattati alessandrini, altrove persi irrimediabilmente nella loro lingua originale.

In ultima analisi una variante islamica del monachesimo occidentale, con simmetrico ricorso a pazienti quanto incompetenti amanuensi! È interessante osservare che alcune di quelle traduzioni, del tutto originali ma di matrice ellenistica, giunsero in Occidente anche per vie diplomatiche. Fu questo il caso dei trattati donati dal sultano di Costantinopoli a Leonardo da Vinci, una sorta forse di accattivante regalo per il suo coinvolgimento nella costruzione del ponte sul Bosforo. E, come molte altre indicazioni attendibili sembrano suggerire, non fu solo quel codice ad essere inviato dal sultano a Leonardo, ma pure altri di meccanica e di scienze varie, con le intuibili conseguenze. Di certo è facile osservare che almeno una delle tavole anatomiche di Leonardo, quella relativa al feto nel grembo materno, sia la esatta replica di una miniatura araba del XIII secolo, contenuta in uno dei suddetti codici.[25]

24 - Da M. DAUMAS (a cura di), *Storia della scienza*, Bari 1969, vol. I, p. 354.

Sotto: *comparazione di un disegno anatomico di Leonardo da Vinci affiancato ad una pagina di un codice anatomico di Ibn Nafis del XIII sec..*

25 - Il codice in questione è quello di Ibn-Nafis (1203-1288), *Lettera sul trattato di ginecologia di Arib bn Sà d al Katib.* Codice che gli era pervenuto insieme ad altri ancora di astronomia e macchine autòmate, dal sultano di Istambul, dal quale aveva sollecitato con varie lettere incarichi professionali. Alcuni di



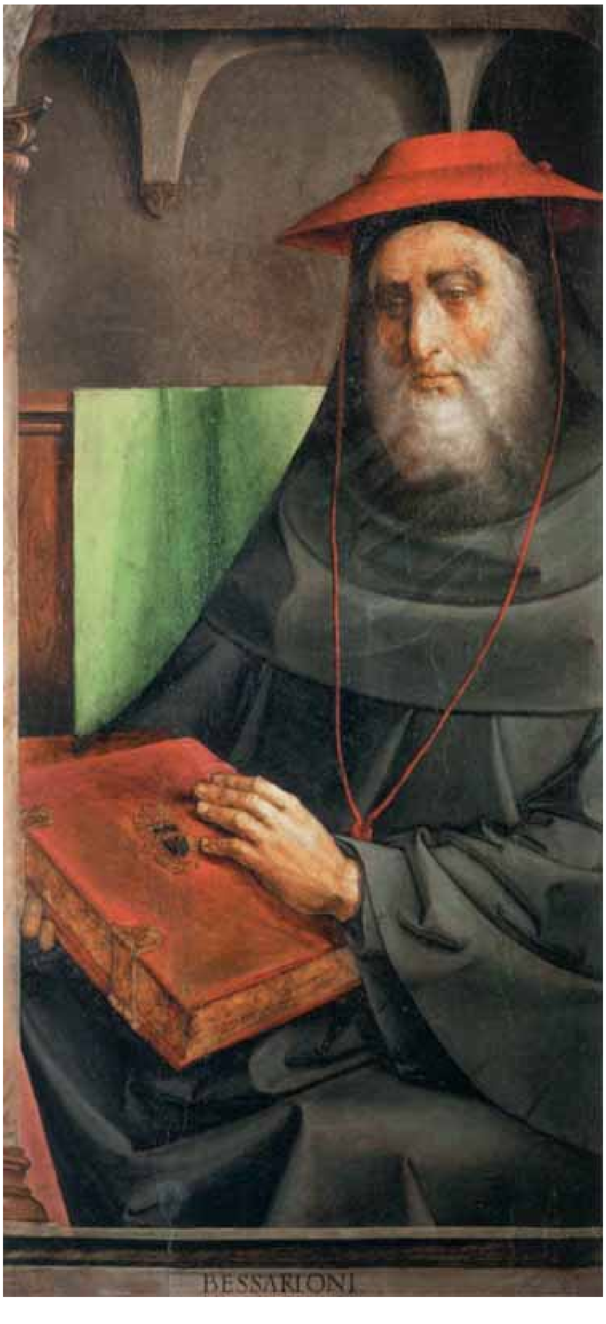
Per comprendere a pieno l'importanza di quei codici e di quei manoscritti e del perché quelli scampati all'incendio della mitica Biblioteca di Alessandria finirono a Bisanzio, occorre ricordare, con una breve digressione, una lungimirante disposizione di Alessandro Magno. Nel corso della sua epopea, il giovane sovrano, oltre ad incentivare la ricordata acquisizione di culture e di tecniche dalle massime civiltà dell'epoca, aveva favorito se non addirittura imposto nel suo immenso impero l'adozione di una sorta di lingua franca, ricavata dal greco. In particolare non si trattava di un altro ennesimo dialetto, ma di una nuova versione del greco attico, semplificato e depurato delle anomalie ed irregolarità, e quindi integrato con numerosi vocaboli, tratti da tutti gli altri dialetti. In pratica una lingua razionale, facilissima da comprendere e da parlare, particolarmente idonea per la divulgazione della scienza: a volerla attualizzare ricordava, per molti aspetti, l'inglese e, come tale, si diffuse ovunque. Restò in vigore per l'intera età ellenistica e romana, assurgendo poi a lingua ufficiale per la parte orientale dell'Impero, sempre ben conosciuta anche in quella occidentale. Il suo declinò iniziò a partire dal V secolo, ed il greco bizantino ne fu la diretta filiazione, con un'ulteriore accentuazione delle semplificazioni. Per la cultura scientifica, la sua introduzione costituì una straordinaria opportunità, che l'alto Medioevo però fece dimenticare all'intera Europa.

In Italia, si tentò in varie circostanze il recupero del greco, in particolare a Firenze dove ad esempio Manuele Crisolora lo insegnò tra il 1397 ed il 1400, seguito nel 1429 da Francesco Filadelfo. Sul finire del '400 i Bizantini, ormai insediati stabilmente in Europa, vantavano esperti nelle più varie discipline, tra le quali l'astronomia, l'architettura, la filosofia, le scienze, nonché la politica e la teologia, oltre ovviamente alla meccanica, inclusa a vario titolo in alcune delle discipline ricordate. In pochi anni, quella compagine di eruditi innescò un avanzamento culturale, insegnando tra l'altro il greco antico in diverse università e scuole private. Molti di loro, inoltre, che erano riusciti a salvare dalle distruzioni turche dei preziosi codici, li resero pubblici, dapprima facendoli copiare quindi riprodurre a stampa, in splendidi libri, diffusi nell'intera Europa. Per avere un'idea della entità del fenomeno, basti pensare che nella sola Venezia la comunità bizantina agli inizi del '500 contava circa 5.000 persone e moltissime altre si concentravano nelle vaste enclavi del sud dell'Italia, dove il greco era, e in alcuni ambiti lo è ancora, correntemente parlato. Proprio a Venezia, nel 1468, il cardinale Bessarione donò alla Basilica di San Marco il suo ricco patrimonio culturale, composto di ben 468 manoscritti greci ed oltre 200 latini. Questi diverranno il primo nucleo della futura Biblioteca Marciana: tra loro spiccavano i codici contenenti gli scritti di Euclide, Erone ed Aristotele!

Con la disponibilità di tante nozioni scientifiche e tecniche, finalmente comprese, non stupisce constatare che: "*mentre nel corso del medioevo le innova-*

quei codici sono oggi a Milano, mentre il relativo carteggio epistolare al Topkapi Sarayi Muzesi, palco E 6184. La morte del sultano impedì probabilmente il concretizzarsi delle reciproche promesse.

Ritratto del cardinale Bessarione.



gabili. Emblematico, ad esempio, il tentativo di saldare con specchi parabolici, di siracusana memoria, la sfera di rame dorato, costruita in otto spicchi dal Verrocchio e da lui collocata sulla cupola di S. Maria del Fiore a Firenze il 27 maggio del 1471 e di cui Leonardo non mancò di appuntare, senza dubbio perché coinvolto con lo stesso Verrocchio nella vicenda: "*Ricordati della saldatura con che si saldò la palla di Santa Maria del Fiore.*"![27] Più significativo, per restare ancora a Leonardo, il cannone a vapore che chiamò *Architronito*, la cui invenzione attribuì ad Archimede, con queste parole: "*Architronito è una macchina di fine rame, invenzione d'Archimede, e gitta ballotte di ferro, con grande strepito e furore. E usasi in questo modo: la terza parte dello strumento sta in fra gran quantità di fuoco e di carboni, e quando sarà bene da quelli infocata, serra la vite* **d,** *ch'è sopra al vaso dell'acqua* **abc,** *e nel serrare di sopra la vite, ei si ristopperà di sotto e tutta la sua acqua discenderà nella parte infocata dello strumento, e lì subito si convertirà in tanto fumo che parrà meraviglia, e massime a vedere la furia e sentire lo strepito. Questa cacciava una ballotta, che pesava uno talento, a stadii 6.*"[28]

zioni tecnologiche europee erano state in larghissima prevalenza il frutto dell'importazione di procedimenti acquisiti dal mondo islamico o addirittura dalla Cina o dall'India, «col sopraggiungere del XVI secolo la situazione si capovolse. Le scoperte importate dall'esterno divennero meno importanti di quelle che si facevano nell'ambito dell'Europa» (Hall)."[26]

Che il vasto fenomeno fosse la risultante di un possente stimolo esterno, specialmente in ambito tecnico, traspare non solo dal contemporaneo intensificarsi dell'interesse verso la tecnica applicata, ma anche da alcuni eloquenti riscontri altrimenti inspie-

Ovviamente l'attribuzione a cotanto scienziato potrebbe interpretarsi come un tentativo di accreditare ad una sua invenzione maggiore credibilità, ma come spiegare allora quella adozione di unità di misura greche, da quasi un millennio giubilate e che, a rigor di logica, Leonardo non poteva conoscere? E se, per

26 - G. ABBATTISTA, *Storia moderna*, Roma 1998, p. 111.

In alto: *la cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze. In alto è ben visibile la sfera di rame dorato.*

27 - La frase di Leonardo è tratta dal suo Ms G, f. 84v 1515.

28 - La citazione del brano di Leonardo è tratta da B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri...*, cit., p. 226.

assurdo, le avesse pure conosciute perché non convertirle nelle vigenti di più immediata comprensione per gli altri a cui verosimilmente proponeva l'arma? In tal caso, inoltre, come definire *ballotta*, una palla da 26 kg, che se di ferro era sparata da un canone da 80 libbre, tra i maggiori calibri dell'artiglieria moderna? Come credere infine, supponendola di pietra, una coincidenza l'equivalenza al peso delle palle massime scagliate dalle baliste?[29] Una sola la risposta: Leonardo effettivamente trasse la descrizione dell'arma da un antico manoscritto, in seguito perso!

Genialità e infantilismo

La varietà delle nozioni che lo studio dei manoscritti bizantini introdussero ebbe, ovviamente, un ruolo incentivante anche in ambito artistico, nella vasta accezione che quel termine all'epoca implicava. Fu verosimilmente appunto questa diffusa esigenza, la conseguenza fondamentale della riscoperta della cultura ellenistica, curiosità e stimolo che non colsero soltanto Leonardo ma un gran numero di tecnici artisti del XV e del XVI secolo. Non a caso infatti, come più volte accennato, si rinvengono quasi tutte le presunte invenzioni di Leonardo in quei tanti taccuini compilati dell'ampia compagine dei tecnici-artisti suoi precursori e successori, di certo all'oscuro di quanto da lui raffigurato ed indagato e in nessun modo divulgato, né prima né dopo la sua morte. Lo testimoniano proprio i suoi dettagliati schizzi simili e spesso identici a quelli dei suddetti, privi però di una capacità evocativa altrettanto superba, che perciò non forniscono alcuna certificazione di priorità inventiva. Fu forse questa la ragione principale per cui se i disegni di Leonardo uscirono dall'oblio dopo quasi quattro secoli, diffondendosi rapidamente, tutti gli altri, invece, vi restarono senza alcun recupero, contribuendo così alla formazione del mito del genio singolare.

Paradossalmente quei remoti trattatisti non sono affatto ignoti nell'ambito della storia tecnologia militare, dove hanno sempre suscitato un qualche interesse: a voler uscire dal generico fra loro spiccano i nomi di Villard de Honnecourt, Guido da Vigevano, Jacopo Fontana, Konrad Kyeser, Filippo Brunelleschi, Roberto Valturio, Leon Battista Alberti, Francesco Averlino, Ridolfo Fioravanti, Lorenzo Ghiberti, Bartolomeo Neroni nonché e soprattutto Mariano di Jacopo detto il Taccola e Francesco di Giorgio Martini. In grande maggioranza italiani e, soprattutto, toscani quasi a voler sottolineare lo stretto legame fra una particolare classe politica e lo sviluppo della cultura scientifica. Degli ultimi tre, poi, tutti antecedenti a Leonardo, si conosce dettagliatamente l'entità degli apporti tecnici ed i relativi grafici esplicativi, ma soltanto sommessamente si è osato evidenziarne le vistose analogie col sommo artista, e lo si è fatto sempre in maniera marginale e confusa, quasi fosse un delitto di lesa maestà! Nei loro taccuini lo stesso repertorio di Leonardo, prova di una comune matrice e di una personale abilità che ne differenzia la grafica.

Nulla di veramente originale in quei repertori, specialmente per la produzione militare, che si conferma assolutamente risaputa e praticata in ogni singola proposizione da secoli. E l'ampio elenco di nomi innanzi citati sono una minoranza, di una ben più vasta compagine, sempre per lo più italiana, quasi a ribadire il ruolo preminente sostenuto dalla Penisola nel riaffermarsi della scienza e della tecnica. In definitiva: "*sin dall'inizio gli Italiani sembrano... più lontani dalla tradizione. Tuttavia essi non la ignorano: anch'essi hanno concentrato la loro attenzione su problemi identici; ma la gamma della loro curiosità si è immediatamente estesa. Ciò che più colpisce nelle loro ricerche è la fecondità della loro immaginazione. Del resto gli anelli di congiunzione, già così allentati in Germania, qui mancano del tutto. Nelle biblioteche italiane della fine del Trecento non esistono copie di quei manoscritti antichi, di quelle compilazioni medievali di cui si hanno esempi in Germania. Si potrebbe quasi pensare a una sorta di generazione spontanea, che potrebbe essere spiegata, in una certa misura, dall'ambiente in cui si reclutarono i tecnici e dall'allargamento del loro sapere*."[30] O più semplicemente che quei testi e quei manoscritti erano andati letteralmente a ruba, per il maggiore livello culturale ormai esistente.

Il flusso di manoscritti da Costantinopoli che non cessò dopo la conquista crociata, non cesserà nemmeno dopo quella turca del 1453, ma anzi si intensificò ulteriormente con l'estendersi della conoscenza del greco e dell'incrementarsi delle curiosità, innescando un florido commercio, abilmente sfruttato da scaltri mercanti. Richiestissime le opere a carattere scientifico e, in particolare, quelle tecniche che spiegavano con accurate descrizioni e dettagliati di-

29 - Per approfondimenti in materia cfr. F. RUSSO, *L'artiglieria delle legioni romane*, Roma 2004, ed ancora dello stesso autore *Tormenta. Venti secoli di artiglieria meccanica,* vol. I, Roma 2002.

30 - Da B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri...*, cit., p. 94.

Il reperto di una manovella di epoca romana. La sua invenzione era fatta risalire all'epoca medievale.

segni le più avanzate realizzazioni della tecnologia ellenistica. Ed è significativo che l'incremento delle ricerche tecniche e della pubblicistica relativa, manifestatosi sul finire del XIII secolo, attinse il suo apice dopo la metà del XV con la proliferazione dei famosi taccuini, in sostanza affini ai primi.

Spesso in quei grafici compaiono macchine complesse e congegni evoluti, disegnati però in maniera ingenua quando non del tutto puerile: uno strano ma indicativo connubio! Approssimazioni che si ritrovano nei disegni dei bambini quando tentano di raffigurare macchine e congegni dei quali colgono nettamente le connotazioni formali ma, ignorando quelle tecniche le trascurano o le indicano con un simbolo grafico. Ritraendo, ad esempio, un'automobile ne riproducono esattamente ruote e carrozzeria, ma non così il motore che è rappresentato per lo più come un rettangolo nero! Un simbolo che indica ciò di cui, pur sapendone l'esistenza e la funzione, non è alla loro portata e che ha un equivalente nei grafici degli ingegneri, Leonardo compreso: la manovella. Ovviamente tutti sapevano che quell'umile mezzo concettualmente corretto, non poteva in pratica erogare la potenza per azionare macchine tanto pesanti, ma non conoscevano nessun'altro dispositivo più idoneo, per cui in breve divenne il loro simbolo del motore!

Un miscuglio, quindi, di genialità e di infantilismo, di perspicacia e di stupidità, che si raffinò sotto il profilo della coerenza negli anni: Leonardo, e prima di lui, Francesco di Giorgio, preceduto a sua volta da Mariano di Iacopo, diedero a quella pletora di congegni, invenzioni e macchine ormai ben note, una veste grafica meno approssimata ed una logica meccanica meno assurda, senza per questo superarne i rigidi limiti imposti dalla vigente tecnologia.

La riscoperta della scienza e la stampa specializzata

In conclusione, quanto già noto e assodato fra il III secolo a.C. ed il V d.C., dovette venire faticosamente riscoperto, sia pure sulla falsariga dei manoscritti. Per cui non: "*v'è nulla di straordinario nel fatto che la cultura scientifica sia pervenuta al mondo occidentale attraverso vie collaterali. All'epoca bizantina, l'Occidente non era in grado di recepire l'insegnamento degli antichi. Può sorprendere il fatto che a Bisanzio, come pure nella civiltà islamica, tale insegnamento non sia stato utilizzato per conquiste nuove di qualche rilievo. Gli storici si sono limitati in genere a registrare tale ristagno del progresso scientifico senza spiegarne le ragioni. Gli uomini di quelle età hanno lasciato testimonianze delle loro attività in altri domini…* [ma] *nelle scienze invece la rottura è ampia e profonda: una falla che non ha equivalenti in altri campi. Quando il risveglio culturale dell'Europa comincerà a manifestarsi ed i centri di attività cominceranno a diffondersi dall'est verso l'ovest e dal sud verso il nord, una curiosa inerzia colpirà per parecchi secoli ancora le scienze, salvate dall'oblio grazie all'opera di traduttori siriaci e musulmani… Durante quei dieci secoli la storia della scienza non registra nessun nome celebre e nessuna scoperta memorabile, tali da costituire vere e proprie tappe del progresso. Ciò significa che la vita scientifica si interruppe totalmente? Si realizzarono, al contrario, progressi incontestabili, soprattutto ad opera degli Arabi, in algebra, trigonometria, astronomia, meccanica, chimica e scienze naturali. L'insieme di tali acquisizioni costituisce una sorta di apporto meno brillante e meno considerevole di quello di una sola generazione dell'età antica o del Rinascimento. Ma questo stadio di laborioso esordio era necessario: imposto dalle circostanze storiche, dagli sconvolgimenti che ostacolarono il progresso della vita intellettuale e della civiltà, fu inoltre un momento di transizione.*"[31]

Con l'ampliarsi del fenomeno culturale la ricerca di manoscritti greci, e soprattutto alessandrini, divenne esattamente come abbiamo visto accadere in epoca rinascimentale una vera e propria attività. Si sa, infatti, di: *"viaggiatori* [che] *partirono alla ricerca di manoscritti greci dietro ordinazione di principi desiderosi di arricchire la propria biblioteca. Ma furono soprattutto gli eventi bellici - come le lotte condotte dall'impero bizantino contro i suoi vicini*

31 - Da M. DAUMAS (a cura di), *Storia...*, cit., vol. I, pp. 52-53.

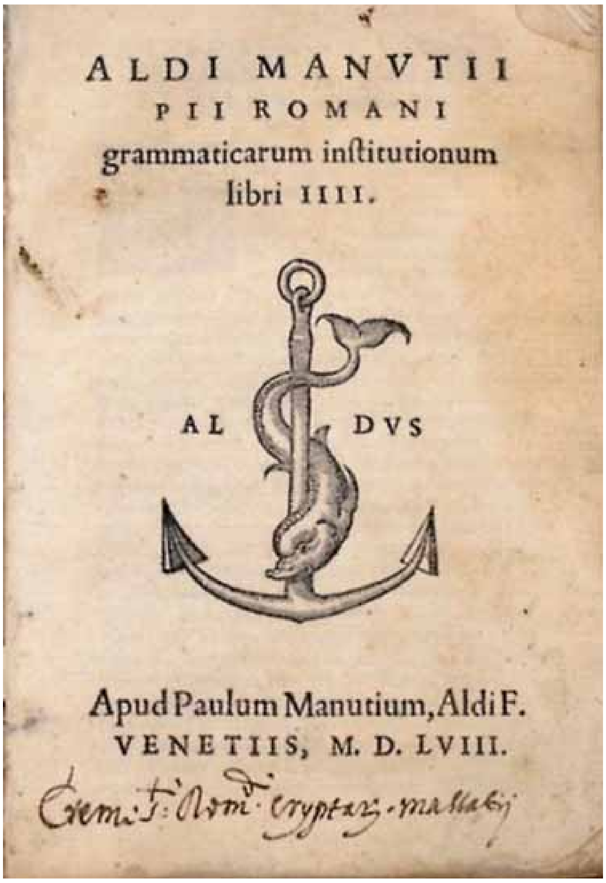
d'oriente e d'occidente durante un millennio, le crociate a partire dal secolo XI, il riflusso degli Arabi in Spagna a partire dal secolo XII, la pressione esercitata sul mondo greco-latino dallo sviluppo dell'impero ottomano a partire dal secolo XIV - che dettero ai traduttori occidentali la possibilità di venire in possesso dei capolavori dell'antichità.

Quando l'opera dei copisti cominciò a diffondersi nei monasteri, la maggior parte dei manoscritti che si copiavano era costituita dai testi scritturali. Il discredito nel quale cadde per lungo tempo tutta la letteratura profana fece sì che l'Occidente ignorasse per lungo tempo il pensiero filosofico e scientifico greco... Euclide, ad esempio, penetrò in Occidente soltanto nel secolo XII... Dopo i cristiani di Mesopotamia, anche gli Arabi avevano svolto una notevole attività di traduttori e copisti: inizialmente, nei paesi occidentali e settentrionali penetrarono appunto i loro manoscritti o le traduzioni latine di tali manoscritti. Soltanto più tardi, dopo la rinascenza e soprattutto nei secoli XVI e XVII, i manoscritti greci furono ricercati e raccolti nelle biblioteche di quei paesi. Ma dal secolo XI al XIV, soltanto le trascrizioni arabe furono conosciute."[32]

In realtà, si potrebbe affermare che quest'ultime, più che conosciute, furono le uniche a poter essere più facilmente comprese, essendo l'arabo ancora lingua parlata in Sicilia, in alcune enclavi dell'Italia meridionale e in buona parte della Spagna, a differenza del greco antico ormai quasi del tutto dimenticato. Fu soltanto a partire dal XIV secolo che, con il suo recupero, si ebbe la possibilità di accesso diretto a quei manoscritti dei quali fino ad allora ci si era dovuti limitare allo studio dei soli disegni, grazie anche a una lungimirante intuizione editoriale. Nel frattempo però oltre alla scomparsa di quasi tutti gli originali si erano perse pure moltissime copie, non di rado sepolte in remoti archivi. È significativo al riguardo ricordare che nel 1975 è ricomparsa in una biblioteca iraniana, per l'esattezza la *Shirine Library* a Meshhed, la traduzione araba del trattato di Diocle sugli specchi ustori, considerata ormai perduta già da mezzo millennio![33]

Sul finire del 1492, debuttò una singolare iniziativa culturale che, all'epoca, passò del tutto inosservata: la creazione a Venezia, ad opera di Teobaldo Manuzio, delle Edizioni Aldine, specializzate nella pubblicazione di testi classici greci e latini. Fino ad allora si può tranquillamente affermare che non esi-

32 - Da M. DAUMAS (a cura di), *Storia...*, cit., vol. I, p. 57.
33 - Da L. RUSSO, *Flussi e riflussi. Indagine sull'origine di una teoria scientifica*, Milano 2003, p. 79.

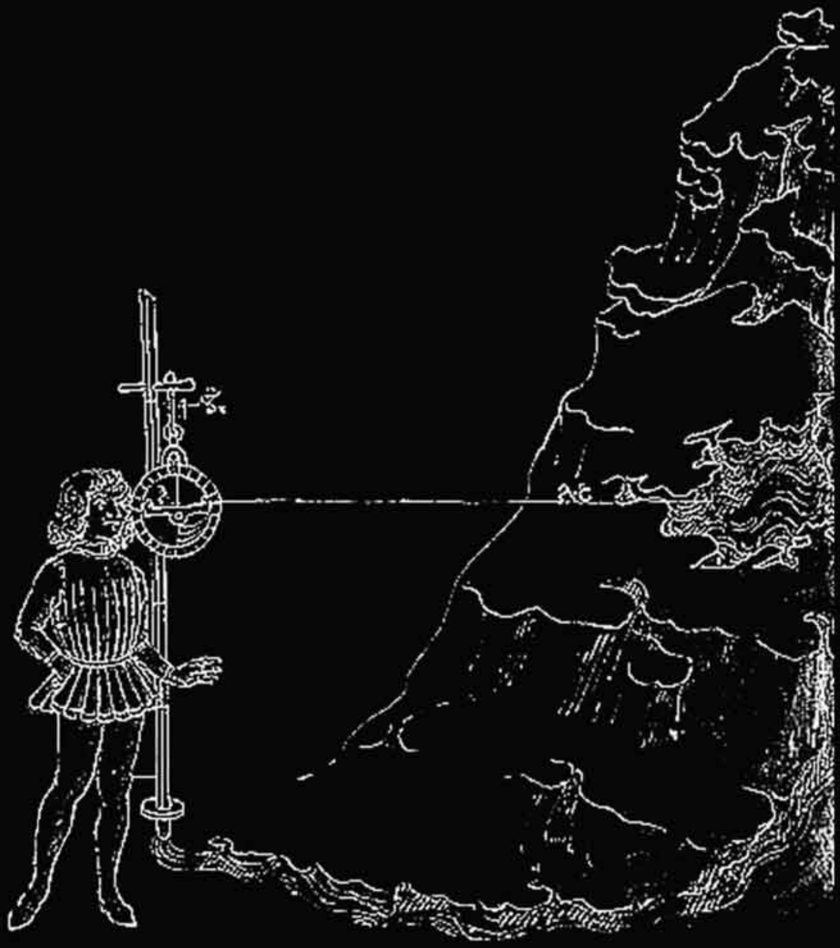


Il frontespizio di un volume delle Edizioni Aldine.

stevano, fatti salvi forse i poemi omerici, testi classici stampati in versione originale. Poco prima della sua morte, nel 1515, vennero così edite e poste in circolazione numerose opere che poterono perciò liberamente circolare, tra cui nel 1495 gli scritti di Aristotele e nel 1513 quelli di Platone.

La divulgazione e la diffusione stroncarono indirettamente un deprecabile andazzo, che continua a far sentire i suoi deleteri esiti ancora oggi, inerente alla originalità delle scoperte ed invenzioni rinascimentali. Dal momento stesso che i testi circolanti non furono più dei preziosi e rarissimi manoscritti, spesso esemplari unici, il fortunato detentore non poté più spacciarsi, copiandone i contenuti filosofici, fisici o meccanici, per il loro scopritore o inventore, senza tema di essere smentito! Si spiega forse così il perché, dopo un proliferare di segreti professionali di presunte invenzioni, alle quali fa riferimento più volte Leonardo e tanti suoi colleghi precedenti, con la pubblicazione delle opere antiche affermazioni del genere si ridussero drasticamente, fino a cessare in breve del tutto, salvo poi ricomparire nel secolo scorso, quando però purtroppo anche gli esemplari a stampa di quei manoscritti spesso erano scomparsi di nuovo e questa volta, purtroppo, in maniera definitiva!

I nuovi tecnici



Mariano di Jacopo detto il Taccola, Ms. Palatino 767, fol. 23
Firenze, Biblioteca Nazionale Centrale

Parte Terza

La scrittura dei tecnici: il disegno

A rendere aleatoria e complicata la diffusione delle idee più evolute nella comunità tecnica dell'antichità contribuiva, in maniera cospicua, una deficienza che, per rilevanza, è paragonabile alla mancanza della scrittura nella società umana. Tanto i Greci quanto i Romani non elaborarono mai una vera rappresentazione grafica convenzionale, analoga o affine alla nostra, basata cioè sulle tre proiezioni ortogonali, di quanto si voleva costruire, rappresentandone così ogni suo singolo dettaglio. Innegabilmente conobbero il disegno in scala, come pure le proiezioni ortogonali singolarmente prese, tecnica di cui l'archeologia ci ha fornito qualche riscontro. Non abbiamo, però, alcun riscontro della loro correlazione in un unico grafico esecutivo.[1] Del resto costruttori e artigiani che avrebbero dovuto avvalersene, e magari produrne di ulteriori, spesso non erano neppure in grado di leggere! Quanto grave fosse questa carenza lo dimostra che, mentre ad Alessandria ed a Pergamo, grazie alla disponibilità di un supporto cartaceo, papiro o pergamena che fosse, gli scienziati furono in grado di tracciare grafici di rilevante precisione geometrica, sia pure nei limiti suddetti, in Occidente i loro colleghi per la stessa esigenza dovevano avvalersi della sabbia, emblematica la vicenda d'Archimede, con quanta approssimazione è facile arguire. Ne conseguì nel primo caso, oltre alla capacità di risolvere graficamente molti complessi problemi matematici dei quali a lungo se ne ignorò la soluzione analitica, anche la possibilità di usare quei disegni in proporzione, che noi chiamiamo progetti in scala, per le realizzazioni pratiche. Si ebbe così l'esatta interdipendenza tra realtà grafica e realtà materiale, antesignano debutto del moderno progetto, i cui primi passi si riscontrano per la verità già intorno al II millennio a.C. in una singolare statua di Gudea di Lagash[2], che regge sulle ginocchia una tavola con sopra disegnata, esattamente come avremmo fatto noi oggi, la planimetria in scala di un edificio.

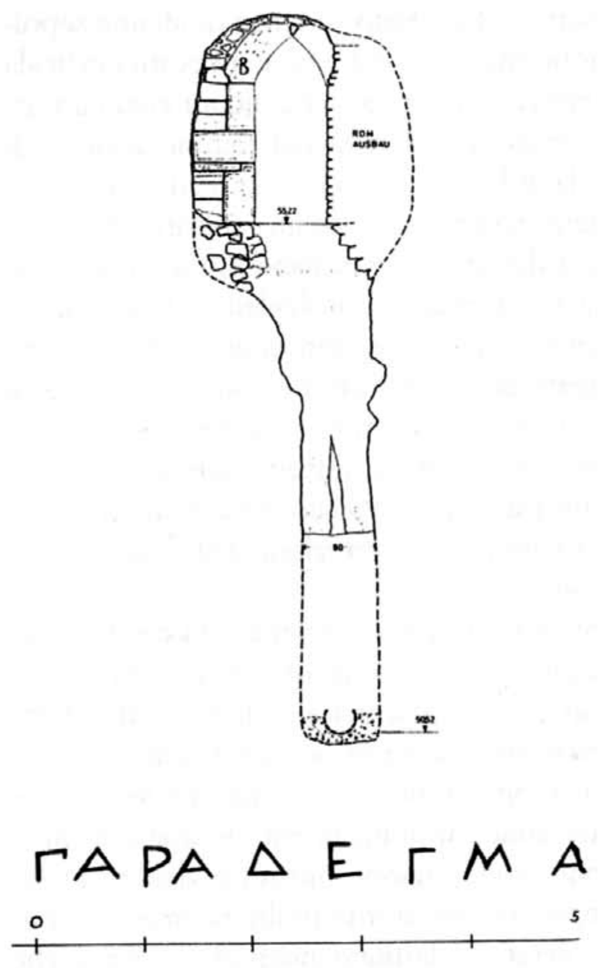
Dove invece il supporto cartaceo non era in alcun modo disponibile, si ebbero soltanto delle elucubrazioni teoriche avulse da ogni concreta applicazione, ideali per la filosofia e per la geometria astratta, ma non certo per la meccanica applicata o per la tecnologia non essendo quegli effimeri tracciati in alcun modo sfruttabili. È necessario sottolineare che anche quando gli antichi trattati forniscono le dimensioni di ciascun componente di una complessa macchina, non per questo la si poteva realizzare senza una sua raffigurazione di dettaglio non potendosi conoscere le posizioni relative di quei singoli pezzi, senza aver visto la macchina stessa da qualche parte. I trattatisti, consci del problema, allegarono ai loro testi, quasi sempre, dei grafici che disgraziatamente furono dispersi persino prima degli scritti e di cui restano quale unica testimonianza i riferimenti nel testo.

Un caso di disegno di progetto nel senso moderno della parola, o almeno così reputato, è quello relativo al celebre acquedotto costruito da Eupalino di Megara per Policrate, a Samo, forando, da ambedue le estremità, una galleria lunga oltre un chilometro, con un leggero scarto al punto d'incontro. All'imbocco su di una parete un grafico, lungo circa 5 m, che sembra esserne la pianta e la sezione[3], il che ci confermerebbe l'adozione di una rappresentazione convenzionale in scala simile all'attuale già prima dell'età ellenistica. Del resto è inconcepibile osser-

1 - In merito al disegno di progetto nell'antichità classica cfr. G. DI PASQUALE, *Tecnologia e meccanica. Trasmissione dei saperi tecnici dall'età ellenistica al mondo romano*, Firenze 2004, pp. 70-87.

2 - Gudea di Lagash è stato il sovrano dell'omonima città della Mesopotamia, tra il 2144 e il 2124 a.C.. La sua celebrità, al di là delle varie guerre combattute, fu in gran parte ascritta alla costruzione del tempio del dio Ningirsu, al quale verosimilmente si riferisce la pianta che regge sulle ginocchia.

3 - Circa il traforo effettuato dall'architetto Eupalino di Megara a Samo attraverso il monte Kastro nel 550 a.C. e riscoperto nel 1882, è stato tramandato da Erodoto. L'opera è considerata uno dei capolavori dell'ingegneria antica, e fu coronata da pieno successo.



Sopra: *riproduzione del disegno rinvenuto nel tunnel scavato da Eupalino a Samo, metà del VI sec. a.C. circa. Sotto al disegno è dipinto, in caratteri maiuscoli, il termine paradegma. (Da G. Di Pasquale, Tecnologia e meccanica, Firenze 2004).*
Sotto: *miniatura raffigurante i sistemi di scavo nell'antichità.*

vando strumenti d'estrema complessità come il calcolatore di Antikythera, supporre che le sue ruote dentate siano state costruite indipendentemente da un meticoloso disegno[4], che doveva tener conto pure dei rispettivi rapporti e moduli. Possiamo, pertanto, concludere che di sicuro vi furono diversi sistemi di rappresentazione grafica, ma di essi soltanto quelli su superfici rigide e piane ebbero una potenzialità indicativa simile a quella degli attuali progetti, restando negli altri casi un puro esercizio mentale.

In entrambi i casi, tuttavia, al di là della corrispondenza proporzionale del disegno, mancava, sebbene in misura ben diversa, la possibilità di duplicare e divulgare, persino a breve distanza, i grafici tecnici, gli schemi meccanici e i criteri costruttivi complessi. Le illustrazioni dei manoscritti, già ricordate, non erano in alcun modo riconducibili all'odierno disegno di progetto. Nella migliore delle ipotesi somigliavano a schizzi elementari, vagamente tridimensionali, o a planimetrie approssimate e non in scala, spesso sovrapposte secondo una fumosa logica. Per noi abituati alle proiezioni ortogonali sono di improba decifrazione, ma per gli ingegneri del Medioevo, essendo rimasta invariata la rappresentazione tecnica, dovevano risultare ancora comprensibili e costituivano perciò un efficace spunto, soprattutto per quelli del XIII e XIV secolo. Tra i disegni di Hannicourt e di Taccola, infatti, si osserva una netta diversità, conseguente all'affermarsi di un rigore dimensionale proprio della pittura e forse proprio da lei tratto: un volto se non disegnato con assoluto rispetto delle proporzioni reali, non avrà alcuna somiglianza con l'originale, determinando perciò un'opera aberrante e sconcia. L'affinarsi della conoscenza della prospettiva e della ritrattistica dal vero, contribuì sicuramente a rendere la raffigurazione meccanica meno assurda e indeterminata. Passare dalla capacità di rappresentare un viso in maniera fedele a quella di una macchina in maniera corrispondente, dopo e prima della sua costruzione, fu in un certo senso una riconquista del Rinascimento, che pose fine all'arbitrio medievale.

Si spiega forse così la preminenza nell'ingegneria militare, dopo un iniziale debutto indiscriminato di dotti nelle più varie discipline, dei soli artisti, cioè di quanti avevano pratica effettiva e comprovata col disegno dal vero, gli unici in grado di trasferire quella abilità in un settore dove al posto della somiglianza

4 - In merito al cosiddetto *Calcolatore di Antikythera* cfr. D. DE SOLLA PRICE, *The Antikythera Mechanism, a Clendar Computer from ca 80 B.C. (1974).*

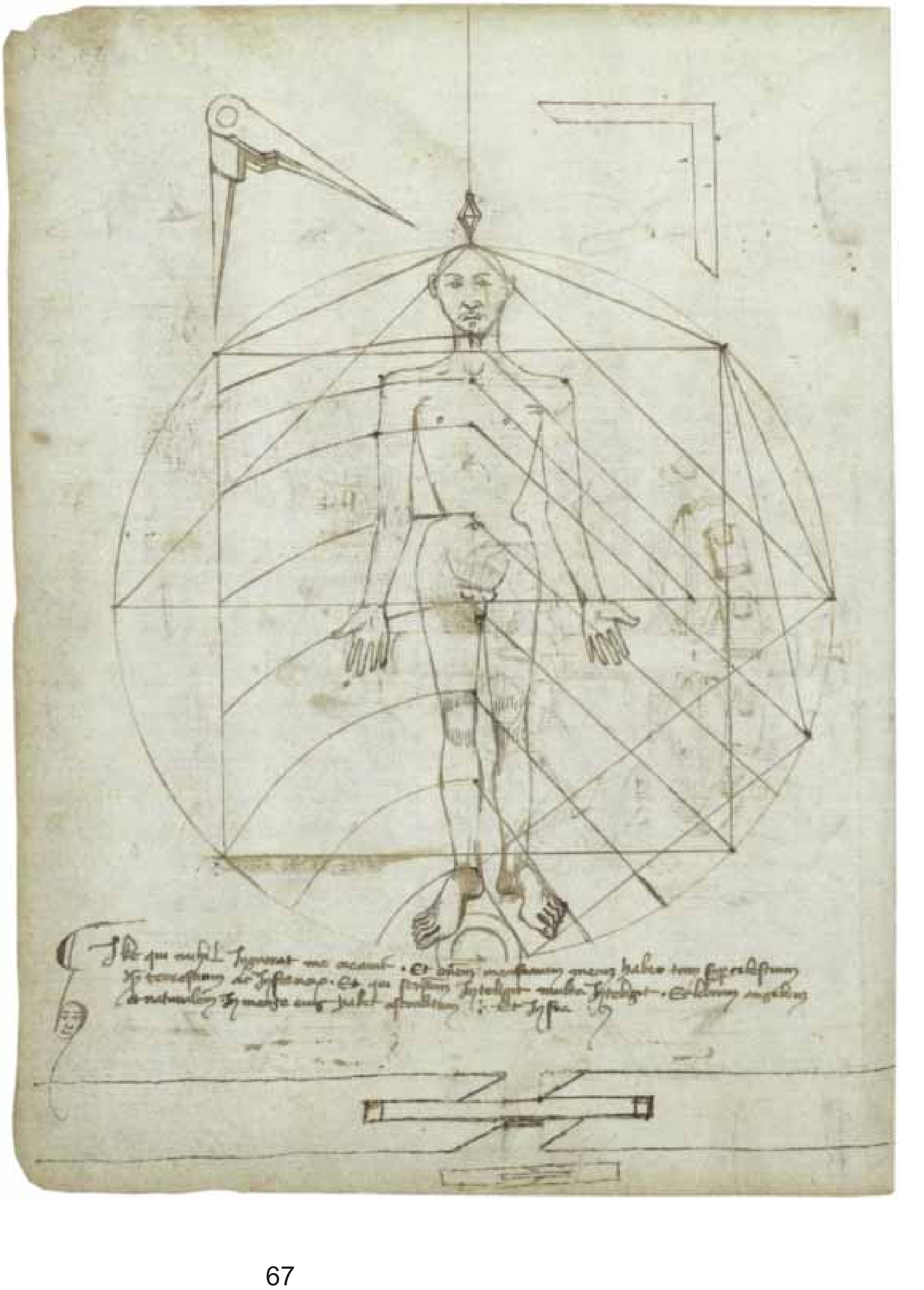
era indispensabile la verosimiglianza, cioè l'analogia in scala non più fisiologica ma meccanica. Ne derivò, pertanto, che più un artista riusciva a mantenere la sua raffigurazione aderente al vero o al verosimile, cioè in esatta proporzione, più quello che rappresentava, da dovunque fosse tratto, aveva qualche possibilità di reale funzionamento. Si assiste così ad una sorta di sdoppiamento nella progettazione tecnica: da un lato, di improbo accertamento, lo stimolo inventivo, l'idea, il criterio informatore, dall'altro la sua trasformazione grafica, la sua definizione in un ambito concreto, acquisito con l'esatto dimensionamento.

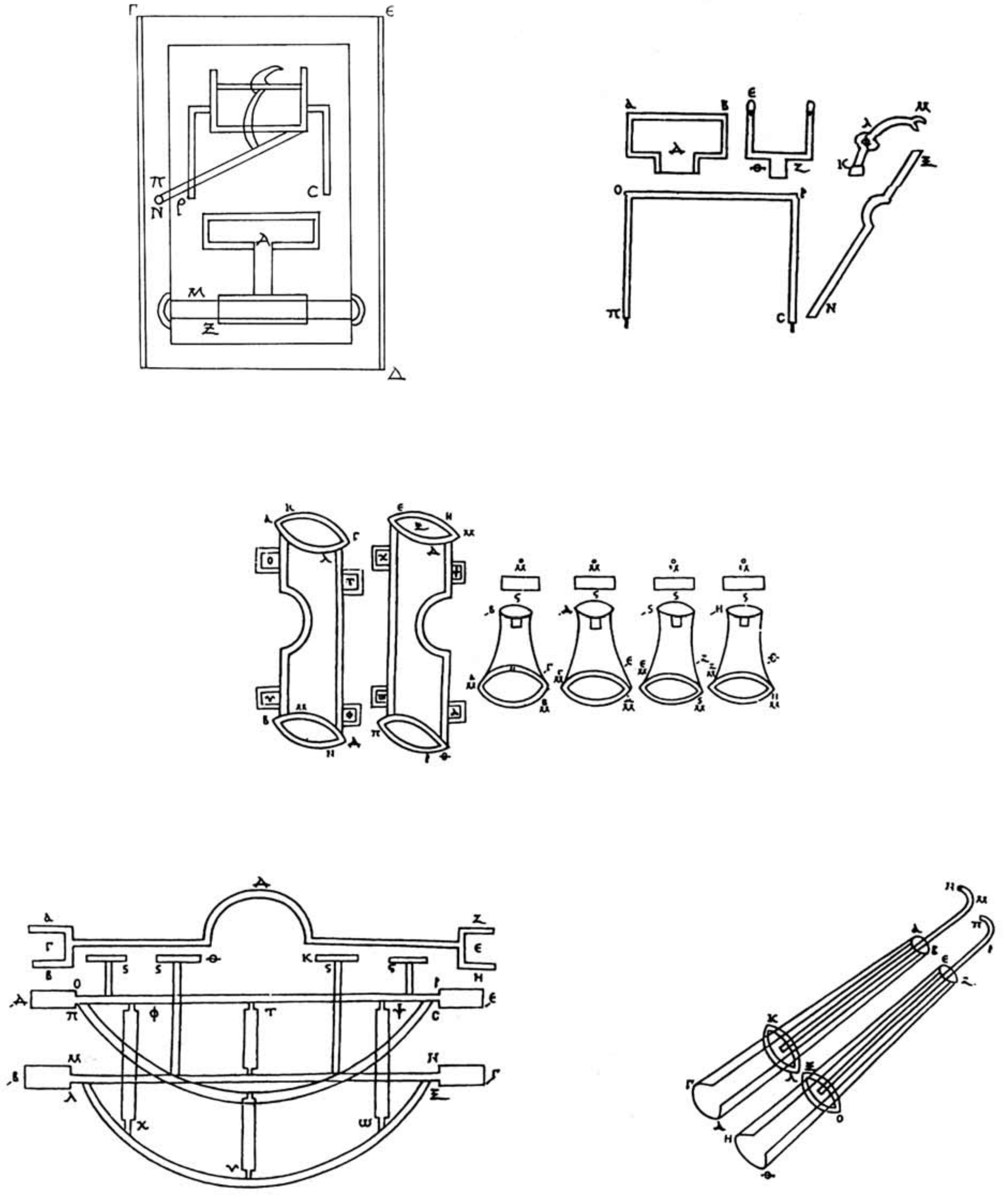
Volendo esemplificare, se fino ad allora si raffiguravano carri con ruote di diversa grandezza reputando la loro dimensione esatta un inutile vincolo, da quel momento si ritenne che solo un carro con le quattro ruote uguali fosse esatto e quindi potenzialmente funzionante! La correttezza formale divenne perciò il presupposto indispensabile per la funzionalità tecnica! Chiunque non si fosse adeguato a questa basilare logica sarebbe restato fra gli utopisti illusi o fra gli umanisti astratti. Il tecnico, artista o meno che fosse, diviene senza dubbio un *vil meccanico* ma al contempo an- che il creatore dell'inedita realtà meccanica, che trasformava in possibile l'impossibile, specialmente dopo l'invenzione della polvere pirica, con la quale per la prima volta nella storia si dispose di energie di gran lunga superiori a quelle muscolari, umane ed animali anche variamente aggregate ed accumulate. A quel punto il disegno tecnico più che una mera rappresentazione assurse a presupposto di fattibilità, avendo nella sua correttezza la verifica intrinseca della fattibilità e divenne, perciò, quello che noi definiamo, nella pienezza dell'accezione, progetto.

L'evolversi del disegno tecnico

Paradossalmente per gli ingegneri anteriori al XV secolo, sarebbero parsi indecifrabili proprio i nostri progetti che pure, per quanto delineato, possono considerarsi il risultato dei loro sforzi per superare le incongruenze grafiche dei predecessori. L'obiettivo, sia pure implicito, era la creazione di una rappresentazione convenzionale capace di rendere certo e condivisibile, per chiunque e dovunque, quanto elaborato da un qualsiasi tecnico. In altre parole una sorta di linguaggio grafico universale, concettualmente affine agli ideogrammi ma oggettivo e concreto giacché subordinato

Sotto: *una pagina del codice* De Ingeneis *di Mariano di Jacopo detto* Taccola. *Il disegno rappresenta il prototipo antropometrico detto da Vitruvio, lo stesso al quale si ispirerà Leonardo da Vinci.*



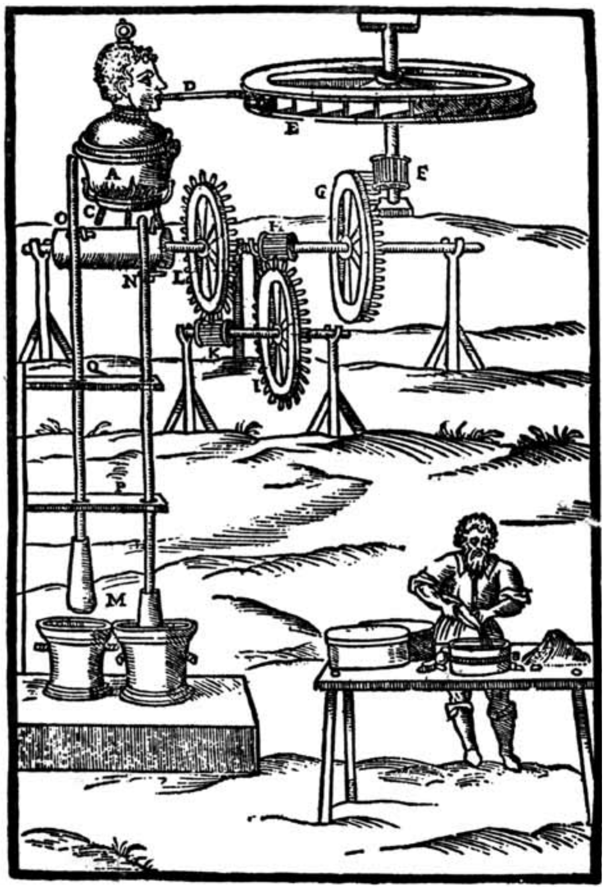


Le componenti della Cheiroballistra di Erone desunte da un codice medievale. Evidente il progresso nella rappresentazione grafica.

a rigide proporzionalità geometriche, di facile acquisizione, perché di stringente logica e perché, in sostanza, da tempo già in parte usate. E tale linguaggio dell'ingegneria che da allora rapidamente si canonizzò e s'impose non è stato più abbandonato, divenendo il tramite basilare per la diffusione della cultura scientifica e delle prassi tecnologiche via via escogitate, senza bisogno di interpreti e di traduttori, in ogni angolo del mondo. Senza contare, aspetto per l'epoca rivoluzionario, che un disegno redatto in un luogo poteva essere eseguito, o perfezionato, in un altro da altre persone, magari appartenenti a culture diverse, lì per lì o persino molto tempo dopo la morte del suo ideatore, potenzialità in precedenza mai neppure supposta e che non va confusa con i tentativi di recuperare qualche macchina o qualche tecnica dal passato in base alla sua semplice menzione, più o meno ambigua.

Non si trattava più di fissare semplicemente il pensiero com'era avvenuto con l'avvento della scrittura, ma di fornire le indicazioni per fare una precisa cosa in una precisa maniera, ottenendo sempre lo stesso preciso risultato![5] Procedura che, al di là degli sporadici esempi ricordati, ebbe nell'antichità solo rare e marginali adozioni avvenendo la realizzazione per riproduzione di un modello, in scala o in grandezza naturale. Corollario di quanto delineato fu il ruolo di cerniera culturale tra l'incerta memoria tecnica del passato e l'esigenza del suo razionale recupero, assolto dai tanti artisti-ingegneri. Quella sarebbe, perciò, divenuta il basilare punto di partenza della tecnica futura, fornendo il suo apporto grazie all'essere ancora compresa da quegli studiosi ancora in grado di decifrare i suggerimenti espressi nelle iconografie arcaiche. In pratica dei traduttori e decodificatori di rappresentazioni per noi altrimenti incomprensibili esattamente: in sostanza un lavoro simile a quello svolto dagli amanuensi nella trascrizione dei manoscritti dei testi classici, non sempre concordi!

Del resto la concezione di produzione seriale identica era ancora di là da venire, per cui ogni macchina, per semplice che fosse, era un prototipo unico. Quel tipo di raffigurazione, perciò, pur garantendo una conoscenza di quanto il testo non poteva spiegare, era una confusa eco dell'antica realtà, un riferimento suggestivo ma privo di proporzione. E forse dipese proprio dall'insopprimibile esigenza di affrancare quelle raffigurazioni dalla vilipesa essenzialità e rigidità della meccanica, una sorta di rigurgito estetico, che le si volle in qualche modo relazionare alla natura, agli organismi viventi ed all'uomo stesso. Le macchine, quindi, si guadagnarono l'onore della raffigurazione solo entrando in stretto rapporto con l'uomo e con le sue membra, riproducendone i sembianti. Emblematico il caso della caldaia a vapore col suo ugello, che tra il XIV ed il XIX secolo venne disegnata in forma di testa umana, intenta a soffiare! Come pure dei cannoni per oltre due secoli fusi in forma di belve ruggenti, dalle cui fauci spalancate era espulsa la palla! Demenza che si spinse ancora in età moderna a fondere le palle di cannone con imprese araldiche e varie sembianze animali, compromettendo la già scadente punteria e la durata dell'arma! In queste estreme concessioni si comprende la

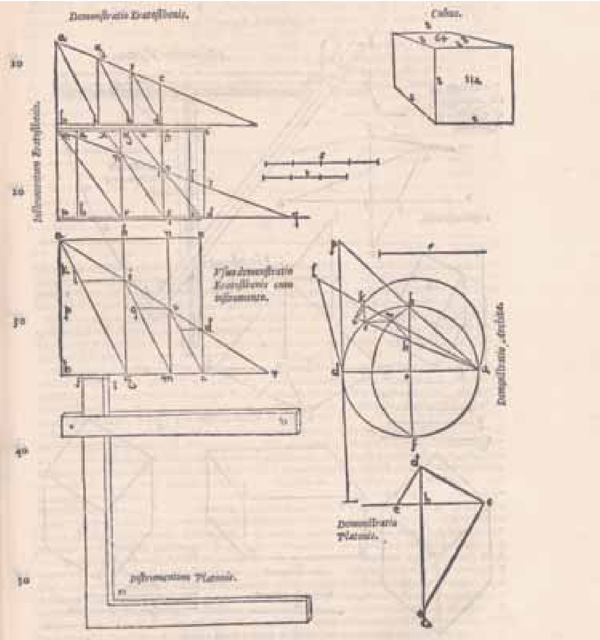


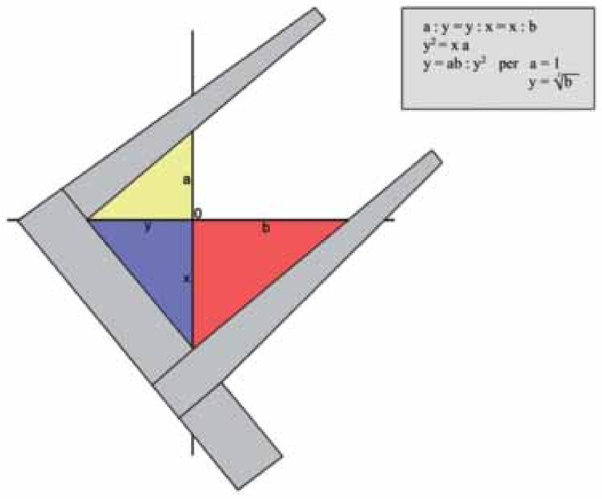
Antica stampa con caldaia a vapore a forma di testa umana.

grandezza della rivoluzione grafica che, in meno di mezzo secolo, portò alla corretta progettazione epurata d'inutili orpelli.

Se quanto appena delineato accadeva in pieno rinascimento è facile immaginare cosa fu in età classica, all'esterno dei risicati ambiti tecnologici: di certo raffigurazioni complete di macchine compaiono rarissimamente, e per lo più solo sulle steli funebri, per ricordare, a quanti non sapevano leggere, quali macchine costruiva o utilizzava il defunto. Ed anche in questo caso la raffigurazione è di tipo simbolico, priva di proporzioni corrette fra le sue parti e, soprattutto col contesto d'impiego quando pure raffigurato, incentrata sui dettagli più vistosi della struttura. Del tutto assenti i riferimenti ad eventuali componenti interne o a sistemi motori, sicuramente presenti nelle macchine di ovvia e risaputa motilità. Il dimensionamento proporzionale, cioè la definizione in scala secondo una precisa ragione geometrica, era noto applicato nella costruzione delle macchine da lancio e in numerose altre, risapendosi che il loro funzionamento ottimale scaturiva da quella corrispondenza. Ma tale determinazione av-

5 - Precisano quel concetto S. L. STRANEO, R. CONSORTI, *Il disegno tecnico meccanico,* Milano 1961, p. 1: *"Il disegno tecnico di un determinato pezzo deve poter portare tutti gli operai che compiono la lavorazione di quel pezzo, servendosi di quel disegno, anche in tempi ed in località diverse, all'esecuzione di pezzi tecnicamente uguali".*





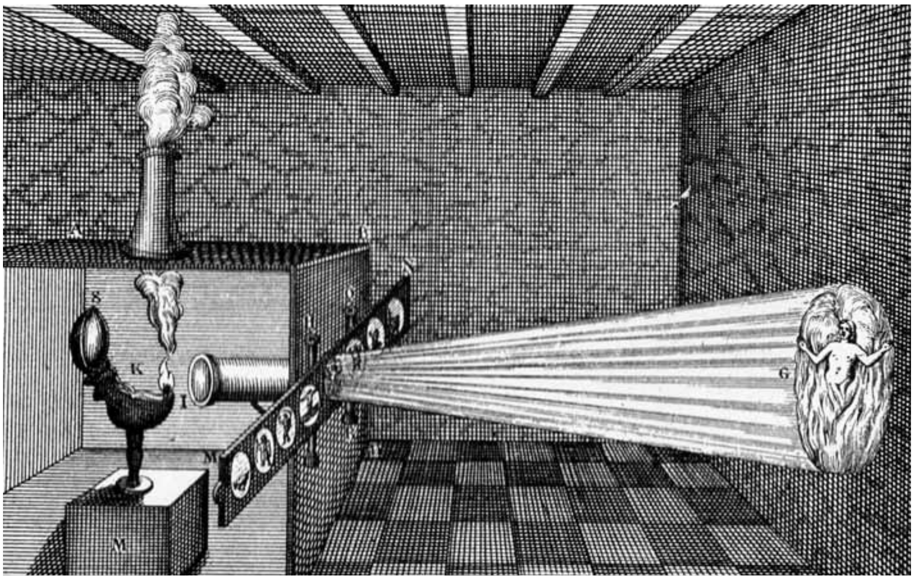
A lato e sopra: *confronto tra la rappresentazione del Mesolabio nella versione di Daniele Barbaro nel XVI sec., del De Architectura di Vitruvio ed una elaborazione tecnica attuale.*
In basso: *una sala tracciati nel 1940.*

veniva in modo pratico, forse per comparazione, magari con l'impiego di rapportatori, tipo il *mesolabio* di Eratostene o estrattore di radice cubica, almeno nelle officine.[6]

Il disegno di progetto antico, pertanto, si deve necessariamente supporre analogo al tracciato effettuato nei cantieri navali, direttamente sull'apposita pavimentazione, delle varie ordinate dello scafo in costruzione. Del resto anche ammettendo per assurdo una capacità grafica simile all'attuale, come sarebbe stato possibile tracciare con precisione le singole parti, non esistendo in discreta abbondanza un efficace ed economico supporto quale la carta? Certamente si possono immaginare delle lastre di pietra, o persino di legno, su cui disegnare, nel rapporto voluto, i singoli componenti; ma un processo del genere implica, inevitabilmente, il ricorso alle proiezioni ortogonali, esulanti per quanto delineato dalla prassi e dalle potenzialità empiriche non tanto dei tecnici, che forse le conoscevano, ma degli artigiani che avrebbero dovuto anche utilizzarle e che spesso erano analfabeti. Il dimensionamento in scala, pertanto, in qualsiasi modo fosse ricavato si deve immaginare piuttosto come una tabella di misure allegata ad immagini simboliche, modalità peraltro che ancora adoperiamo in particolari ambiti, quali le istruzioni per semplici assemblaggi.

Ovvio concludere che la diffusione delle nuove tecnologie, per vari millenni potè avvenire solo col trasferimento dei tecnici stessi: così fece Dionisio il Vecchio chiamando a Siracusa, con larghi compensi, quanti fossero in grado di progettare e costruire armi rivoluzionarie, e non certo di acquistarne i progetti, operazione che qualora possibile sarebbe stata di gran lunga più semplice! Ed ancora a quella stessa logica risponde il pellegrinaggio dei tecnici rinascimentali, in costante spostamento tra una corte e l'altra, tra un potentato e l'altro, dove l'attuazione dei

6 - Circa le caratteristiche ed il funzionamento del *mesolabio* di Eratostene cfr. F. RUSSO, F. RUSSO, *Techne*, vol. I.



In alto: *la lanterna magica così come descritta da Athanasius Kircher, a cui viene correntemente attribuita la sua invenzione.*
Sopra: *una pagina del* Bellicorum istrumentorum liber *di Giovanni Fontana, con la rappresentazione di una lanterna magica in funzione.*

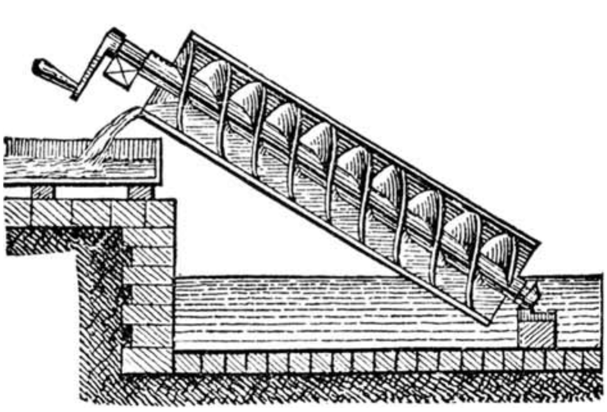
loro progetti non poteva ancora prescindere dalla presenza diretta.

Una ricerca tecnica priva di adeguata rappresentazione grafica sembra ai nostri occhi un controsenso, quasi un vero ostacolo alla elaborazione ed alla diffusione della stessa. Un po' come l'uso della matematica senza i numeri e le relative operazioni: dal momento che entrambe le situazioni sono state, ed a lungo, realmente attuate si devono presumere, se non assurde fortemente limitanti. Un aggravio lo fu, senz'altro, per la diffusione della cultura meccanica ma, meno di quanto si possa credere proprio per la limitazione verticale della stessa. Essendo in pratica quelle conoscenze riservate ad una ristretta *èlite* e ad un piccolo numero di fruitori, raggiungerli risultava più agevole che se fossero stati molti di più. Fu per questo motivo che al momento della riscoperta della tecnologia antica, il maggior problema che si dovette superare fu appunto quello di disporre di una corretta rappresentazione grafica, ortogonale e tridimensionale, processo che si può ritenere concluso sul finire del XV secolo.

Scorrendo l'ampio repertorio dei disegni che seguono è facile costatare il progressivo, e a conti fatti rapido, evolversi del disegno tecnico con la conseguenza di un'altrettanto rapida e generalizzata comprensione di quanto raffigurato. Nonché di un moltiplicarsi di analogie e riproduzioni! Ne scaturirà, soprattutto tra molti umanisti del secolo scorso, una frequente confusione tra originalità dell'idea e accuratezza formale grafica. In altre parole il disegno di una macchina del XIV secolo, ancora molto approssimato, la fa sembrare di gran lunga più arcaica e primitiva di un disegno della stessa redatto nel XV secolo, pur restando assolutamente immutate tutte le componenti. Dal che l'errata conclusione di scambiare per novità quanto in realtà fu soltanto disegnato meglio! O persino di far ritenere il vero inventore di un qualche congegno l'autore del più accurato disegno, come spesso avvenne, e avviene, coi disegni di Leonardo, assurto perciò a inventore universale! Un suggestivo esempio è dato dalla lanterna magica, la cui invenzione fu attribuita al gesuita Athanasius Kircher che la descrisse e la illustrò dettagliatamente. In realtà la si ritrova già nei disegni di Giovanni Fontana nel XV sec..

Alla infantile conclusione, ad onore del vero contribuì anche una seconda scorretta procedura: dal momento che i grafici precedenti alla nuova impostazione non risultavano altrettanto accattivanti e fa-

cilmente comprensibili per tutti, si finì presto per ignorarli completamente privando perciò la cronologia del loro apporto. Ed ancora una volta chi disegnava meglio assurse a ideatore primario. Prassi che ci obbliga, volendo ristabilire la esatta cronologia delle invenzioni e scoperte concentratesi nel Rinascimento e per lo più in Italia, a riesumare proprio quei misconosciuti taccuini di disegni, esaminandone prima ancora che le forme i contenuti. Fermo restando che l'attribuzione di paternità coincide necessariamente con la prima raffigurazione pervenutaci, che non fu necessariamente la prima ma solo la più antica di cui disponiamo. Precisazioni entrambe da tener presente nell'esame dei grafici allegati.



Sopra: *la coclea di Archimede.*
In basso: *la tavoletta babilonese nella quale, alcuni studiosi, hanno individuato il concetto del teorema poi attribuito a Pitagora.*

Pochi nomi tante invenzioni

Scorrendo il repertorio sembrerà per lo meno curioso che i tanti rinvii agli antichi tecnici ellenistici siano limitati a così pochi nomi. Moltissime invenzioni e scoperte, pochissimi inventori e scienziati: ad essere generosi, non eccedono la dozzina e ostentano nella loro maggioranza fama e notorietà nell'ambito della scienza pura, piuttosto che nella tecnologia applicata, quasi che quella fosse la sola precipua ed unica estrinsecazione della loro attività. Sembrerebbe, anzi, che la seconda fosse considerata quasi un'attribuzione dispregiativa, un'onta sulla rispettabilità, una grave colpa di cui vergognarsene addirittura. La realtà, invece, di cui occorre tenere debito conto per evitare di ripetere quel medesimo errore è vistosamente diversa e più complessa. Certamente predominano sempre i nomi di Pitagora, di Archita, di Ctesibio, di Erone e di Archimede, ma ad una più accurata indagine la loro celebrità insiste, preminentemente, proprio sulle grandi applicazioni scientifiche e sulle tante soluzioni tecnologiche ad essi attribuite ma spesso ben note da secoli, piuttosto che sulle loro eccelse teorie. Per esemplificare, Pitagora è noto per il famoso teorema, che gli Egiziani già utilizzavano da millenni; Archimede per la notissima vite che tramanda il suo nome, già impiegata secoli prima nell'irrigazione lungo, Nilo; Ctesibio per la pompa a stantuffo, usata sin dalla preistoria come mantice; quanto ad Erone volendoci limitare alla sua eolipila, che essendo considerata il primo motore a vapore occupa un posto basilare nella tecnologia, non può ignorarsi che anch'essa, per vari aspetti, vantava dei precedenti. Quasi superfluo aggiungere che i ponderosi trattati teorici degli scienziati appena ricordati, invece, pervenutici direttamente o indirettamente, sono conosciuti soltanto dagli studiosi del settore.

Sensato credere che le applicazioni evidenziate non fossero un loro semplice trastullo, uno svago occasionale o una risposta generosa ad una richiesta stringente, ma una apprezzata estrinsecazione di tipo empirico pragmatico dalla quale gli derivava la grande reputazione, ben immersa nella realtà materiale vigente e che soltanto un'esigenza di glorificazione postuma evidenziò ed accentuò il loro impegno in ambito teoretico. A rendere ancora più intricata la questione contribuisce la sostanziale equivalenza per i Greci arcaici delle abilità tecniche in seguito distinte in artistiche e artigianali, in quanto esito di un'unica capacità. Nei poemi epici, *techne* designa indifferentemente la capacità di lavorare i metalli o di cantare dell'aedo, entrambe reputate inferiori alla pura filosofia astratta. Con l'ellenismo, che va dalla morte di Alessandro nel 323 a.C. alla battaglia di Azio, 31 a.C.,

la situazione assume nuove connotazioni, che non a caso vanno a costituire il *Rinascimento Ellenistico*. Non si trattò di poche menti isolate, di antesignani precursori, ma dei rappresentanti di spicco di una vastissima schiera di studiosi, scienziati, ingegneri, matematici e fisici, i veri fondatori della scienza. Il mondo romano non capì l'importanza di quelle ricerche e di quei risultati teorici, ma ne utilizzò a piene mani le applicazioni pratiche.

Di certo quale che fu la verità, dall'esiguità della pattuglia ne consegue una domanda scontata: possibile tanti uomini debbano tanta riconoscenza a tanti pochi loro simili? Ma è credibile e storicamente plausibile che fu effettivamente solo quel pugno di menti acute e perspicaci, in una società relativamente numerosa ed estranea alle loro elaborazioni, salvo che per sfruttarle? Nulla di più assurdo, quando s'inizi a scandagliare la quotidianità classica, la vita abituale e le normali risorse. Senza un presupposto del genere si rischia quanto accaduto con Leonardo: gli si attribuisce l'invenzione di tutto perché non si è conosciuto nulla dei tecnici a lui antecedenti e contemporanei. Nella fattispecie, i celebri nomi in questione devono immaginarsi piuttosto come dei capiscuola, o per meglio dire dei vertici culturali, ai quali veniva in qualche modo connessa un'ampia gamma di ricerche e di scoperte, essendone ignoti i rispettivi autori, ma ben noti i ristretti ambiti di elucubrazione. In molti casi quei personaggi furono zelanti raccoglitori e analizzatori delle conoscenze scientifiche e tecnologiche tradizionali, studiosi e perfezionatori di soluzioni remotissime. Ottimizzandole, variegandole e magari diversificandole, finirono per essere correlati alla loro intera gamma di applicazioni, fenomeno che nella logica degli antichi, e spesso anche dei moderni, deriva dall'esigenza di estrema sintesi.

È abbastanza logico, ad esempio, per restare a Ctesibio che gli sia attribuito l'organo idraulico, la pompa a stantuffo a due cilindri, l'orologio ad acqua o clessidra, la balista pneumatica e persino la siringa medica. Ma, se si supera il primo smarrimento dinanzi all'apparente varietà della gamma di quei congegni, ci si accorge che l'invenzione fu in realtà soltanto una: il cilindro munito di stantuffo! Tutte le altre furono, invece, delle derivazioni e applicazioni, spesso posteriori, come la penna stilografica, l'ammortizzatore per veicoli, l'irroratore dell'insetticida, il torchio e gli attuatori idraulici, i freni dei veicoli, per non parlare del criterio informatore del motore termico a combustione esterna e interna. Ctesibio è scomparso da oltre ventidue secoli e non gli accreditiamo più tutte queste invenzione dal momento che tanti altri, a giusta ragione, ne rivendicano la paternità: ciò non toglie che siano comunque tutte riconducibili alla sua idea, il che per gli antichi bastava a giustificarne l'attribuzione!

Se, però, scandagliassimo più attentamente l'età di Ctesibio ci renderemo subito conto che il famoso cilindro con stantuffo, come accennato, già esisteva da tempo, forse dalla preistoria sia pure in maniera embrionale e imprecisa, ma sicuramente tale per movimento e funzione. Magari era un fusto di bambù nel quale vi era spinto un secondo più piccolo, munito di una rozza guarnizione, per compensare le differenze fra i due diametri, in modo da comprimere l'aria. Di un congegno elementare del genere etnie, che ancora indugiano all'età della pietra ed isolate dal nostro contesto, continuano a servirsene in svariate maniere, certificandone indirettamente l'antichità. Lo si ritrova, infatti, come acciarino per accendere l'esca, come mantice per attizzare la forgia, come cerbottana per cacciare senza strepito.[7] Ancora una volta una singola idea per molteplici applicazioni: cosa inventò allora in concreto Ctesibio? O, per meglio dire, cosa perfezionò Ctesibio e quanti a lui si sono ispirati, ieri ed oggi?

Del tutto simile il ragionamento circa la vite che si attribuisce ad Archita e poi ad Archimede, del quale si finì per darle il nome. Invenzione apparentemente oscura e umile in realtà fondamentale, soprattutto se non la si guarda soltanto come organo di giuntaggio meccanico. La vite fu per gli antichi prioritariamente una trasmissione cinematica, poi un congegno di sollevamento dei liquidi, poi un amplificatore di sforzo. Dalla vite derivano tutte le innumerevoli tipologie di organi destinati all'assemblaggio meccanico, i gruppi di trasmissione irreversibile, le eliche aeree o marine, il mulino a vento e la ventola, ed ancora la trivella, il cavatappi, il compattatore e, persino, il crik. Grande invenzione, ma non certo originale, in quanto da sempre presente in natura e ben in vista: elica deriva dal greco *elis*, chiocciola! Fu proprio il guscio dei gasteropodi a suggerirne l'idea, forse ad Archita forse a tanti altri prima di lui: Archimede se mai la studiò geometricamente e la trasformò in una pompa per il sollevamento dell'acqua, o forse la vide appunto così in funzione lungo il Nilo dove i contadini ancora la usano immutata, soluzione che ancora oggi continua a svolgere in numerosi grandi impianti.

7 - Al riguardo cfr. V. GROTTARELLI, *Ethnologica. L'uomo e la civiltà*, Milano 1965, vol. II, pp. 196- 204, ed ancora pp. 391-92.

In alto: *una Turricella, perfetto archetipo della vite.*
Sopra: *una statuetta egiziana in terracotta datata al 30 a.C. raffigurante un uomo alle prese con la movimentazione di una vite di Archimede. Londra, British Museum, Antichità egiziane.*

Paternità putative in definitiva! I nomi, pertanto, che di volta in volta verranno menzionati, non saranno i pochi cervelli capostipiti della tecnologia e che precedettero nell'antichità i tecnici e gli scienziati del Rinascimento, ma soltanto i pochi capofila noti delle principali linee di sviluppo tecnologico, ampiamente diversificate e adattate, spesso già presenti da tempo immemorabile. L'avanzamento in conclusione non è avvenuto per scatti improvvisi di genialità singolari: non è mai esistito nella storia dell'umanità un Leonardo da Vinci, nell'accezione popolare dell'inventore universale, ma una sterminata teoria di modesti artigiani e ingegneri, perfezionatori e sperimentatori testardi, che non fermati dalle frequenti sconfitte, ma esaltati dai rari successi costruirono, giorno dopo giorno, la nostra odierna e comoda realtà.

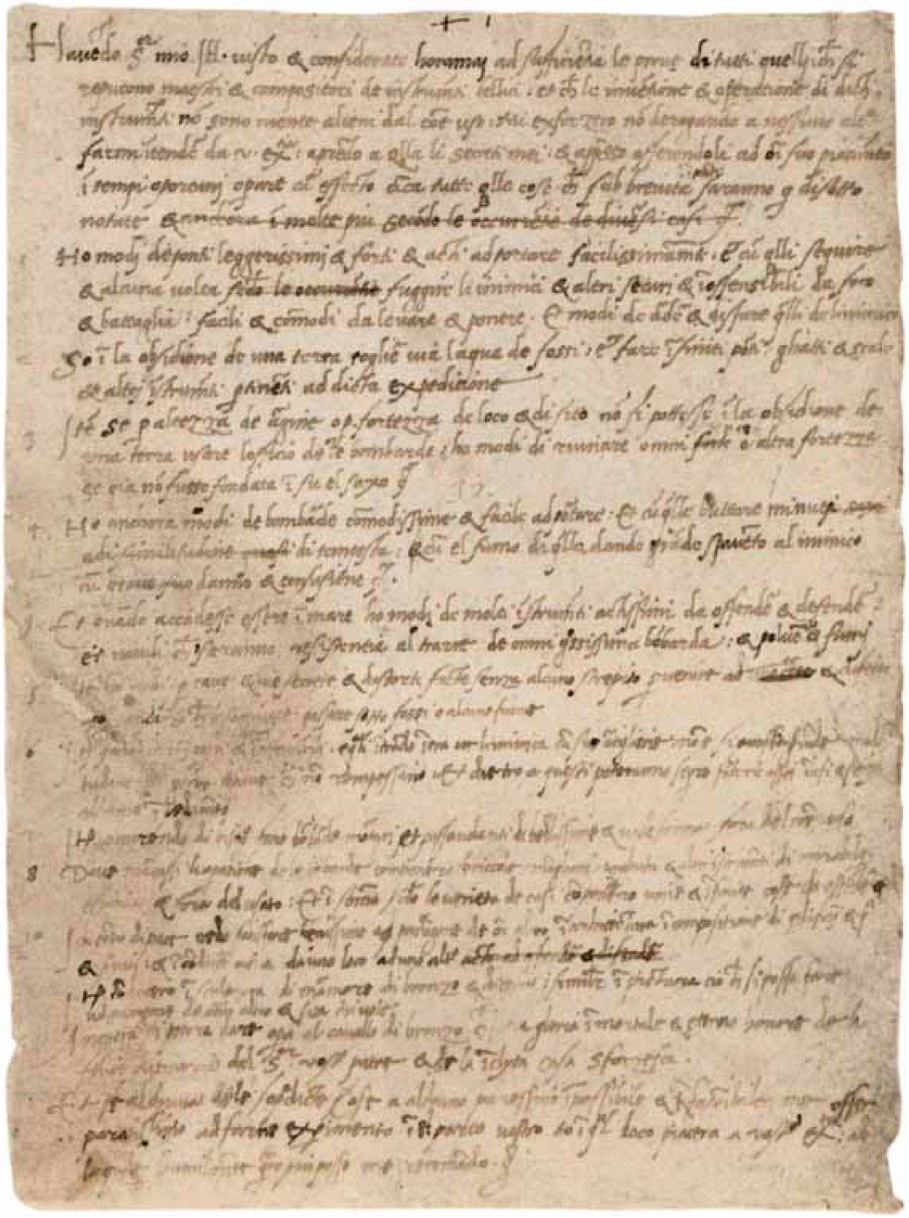
Ed appunto un semplice ingegnere è quello che emerge dalla famosa proposta di ingaggio inviata da Leonardo a Ludovico il Moro, dove l'autore elenca le sue competenze tipiche della professione all'epoca.

Lettera di un ingegnere del 1482

Definita abitualmente 'lettera'[8], la dettagliata elencazione è in realtà una sorta di *curriculum* per l'incarico di ingegnere militare inviata dal giovanissimo Leonardo, appena trentenne, all'allora potente signore di Milano, Ludovico il Moro. Si tratta di uno scritto vagliato attentamente e analizzato da tutti gli studiosi che, a vario titolo, si sono interessati all'opera dell'Artista. Comune la conclusione: il contenuto è sicuramente attribuibile a Leonardo, non così lo scritto che tradisce un altro autore. La forma, infatti, è troppo curata e desueta per il personaggio, la cui preparazione letteraria, e non solo, lasciava molto a desiderare. Del resto appare verosimile che prospettandosi tale opportunità, l'ambizioso aspirante abbia voluto notificare al meglio le sue capacità, cercando di fornire già con la scrittura un'eccellente impressione. A conferma basterebbe osservare che il testo è stato più volte rimaneggiato e perfezionato, mutandone persino l'ordine di esposizione. Per il resto risulta impossibile accertare se poi fu realmente inoltrato o non rimase una mera intenzione. Per noi, tuttavia, è interessante il contenuto e non tanto perché originale o perché rivelatore della sua genialità, quanto per l'esatto contrario, cioè per la sua assoluta convenzionalità e banalità!

Si tratta, infatti, di una proposta praticamente identica a quella che avrebbe potuto redigere un qualsiasi ingegnere dell'epoca ad un qualunque signore o monarca: nulla di diverso dalle capacità dei coevi tecnici e dalle esigenze dei vigenti signori. E a ben guardare, come accennato, ricorda i capitoli del *Tesoro* di Valturio, i suoi suggerimenti offerti al re di

8 - In merito cfr. L. RETI, *Leonardo*, Berna 1974, pp. 6-8.



Lettera di Leonardo a Ludovico il Moro, circa 1482, Codice Atlantico, f. 1082 (ex 391r-a), Milano, Biblioteca Ambrosiana.

Francia! La novità, piuttosto, deve ravvisarsi nelle implicanze che quelle voci presupponevano, ovvero nelle maniere escogitate per attuarle e concretizzarle, semplicisticamente considerate il debutto del suo mito. Macchine innovative e congegni rivoluzionari che sembrano affiorare per la prima volta nella storia grazie alla sua fantasia, ma che sono tali solo per la maestria della sua mano che anni dopo li fisserà per noi. Situazione che splendidamente venne resa da Sigmond Freud con questa breve immagine: "*fu come un uomo che si sveglia troppo presto nell'oscurità, mentre gli altri sono ancora addormentati*"! In realtà, da quanto fin qui delineato, in quella notte oscura già molti si erano destati da tempo, qualcuno addirittura da oltre un secolo. Anzi, e sembra fortemente probabile, qualcun'altro non s'era mai neppure addormentato, vegliando per trasmettere gli estremi retaggi di lontane conoscenze delle quali, ormai, ben pochi sembravano comprenderne ancora la valenza! Così il testo:

"*Avendo, Signor mio Illustrissimo, visto & considerato ormai a sufficienza le prove di tutti quelli che si reputono maestri & compositori de in strumenti bellici, et che le invenzione e operazione di dicti in strumenti non sono niente alieni dal comune uso, mi exforzerò, non derogando a nessuno altro, farmi intender da V. Excellentia, aprendo a quella li secreti miei, & appresso offerendoli ad omni suo piacimento in tempi opportuni, operare cum effecto circa tutte quelle cose che sub brevità in parte saranno qui di sotto notate:*

1. Ho modi de ponti leggerissimi & forti, & atti ad portare facilissimamente, et cum quelli seguire, & alcuna volta fuggire li inimici, & altri securi & inoffensibili da foco & battaglia, facili & comodi da levare & ponere. Et modi de arder & disfare quelli de l'inimico.

2. So in la obsidione de una terra toglier via l'acqua de' fossi, et fare infiniti ponti, gatti & scale & altri in strumenti pertinenti ad dicta expedizione.

3. Item, se per altezza de argine, o per fortezza di loco & di sito, non si potesse in la obsidione de una terra usare l'officio de le bombarde, ho modi di ruinare omni rocca o altra fortezza, se già non fusse fondata in su el saxo.

4. Ho ancora modi de bombarde commodissime & facile ad portare, et cum quell buttare minuti (saxi

a similitudine) di tempesta; & cum el fumo di quella dando grande spavento all'inimico, cum grave suo danno & confusione.

***9**. Et quando accadesse essere in mare, ho modi de molti in strumenti actissimi da offender & defender, et navili che faranno resistenza al trarre de omni g[r]ossissimma bombarda & polver & fumi.*

***5**. Item, ho modi, per cave & vie secrete & distorte, facte senza alcun strepito, per venire (ad uno certo) & disegnato* [loco]*, ancora che bisognasse passare sotto fossi o alcuno fiume.*

***6**. Item, farò carri coperti, securi & inoffensibili, e quali entrando intra li inimica cum sue artiglierie, non è sì grande moltitudine di gente d'arme che non rompessimo. Et dietro a questi poteranno seg*[ui]*re fanterie assai, illesi e senza alcuno impedimento.*

7. Item, occorrendo di bisogno, farò bombarde, mortari et passavolanti di bellissime & utile forme, fora del comune uso.

***8**. Dove mancassi la operazione de le bombarde, componerò briccole, mangani, trabucchi & altri in strumenti di mirabile efficacia, & fora del usato; et insomma, secondo la varietà de' casi, componerò varie & infinite cose da offender & di*[fendere].

***10**. In tempo di pac credo satisfare benissimo ad paragone de omni altro in architectura, in composizione di edifici & pubblici & privati, & in conducer acqua da uno loco ad uno altro.*

Item, conducerò in scultura di marmore, di bronzo & di terra, similiter in pictura, ciò che si possa fare ad aragone de onni altro, & sia chi vole.

Ancora si poterà dare opera al cavallo di bronzo, che sarà gloria immortale & eterno onore de la felice memoria del Signor vostro patre & de la inclita casa Sforzesca.

Et se alcuna de le sopra dicte cose a alcuno paressino impossibile e infactibile, me offero paratissimo ad farne esperimento in el parco vostro, o in qual loco piacerà a Vostr'Excellentia, ad la qual umilmente quanto più posso me recomando.

Un ventaglio apparentemente sintetico di proposte tradizionali, che, come accennato, non differivano da quelle che tanti altri suoi colleghi ingegneri da quasi mezzo secolo indirizzavano ai potenti di turno. In realtà, però, nella pienezza delle derivazioni potevano così svilupparsi:

1 *a - Ponti di circostanza:*
ponti galleggianti, di barche e di botti, pneumatici di otri e pelli gonfiate prefabbricati, a cavalletti e sospesi su funi articolati con spiegamento automatico.

b - Distruzione con fiamme:
lanciafiamme e granate incendiarie, mortai e bombe a frammentazione, brulotti trasportati dalla corrente.

2 *Operazioni ossidionali:*
evacuazione acqua dai fossati, canali, sifoni, pompe e idrovore, scavatrici, draga e cavafango, macchine elevatrici, tollenoni, passerelle coperte, testuggini.

3 *Operazioni ossidionali:*
bombardamento con mortai, granate e bombe, mine e gallerie da crollo, mine esplosive, intasamento cariche esplosive.

4 *Artiglieria:*
bombarde e granate per impiego campale, artiglieria a ripetizione, fumi e gas, nebbiogeni.

5 *Mine:*
scavo di mine a percorso obbligato, gallerie e orientamento gallerie, strumenti topografici, gallerie subacquee, arte mineraria, mezzi e veicoli minerari.

6 *Carri armati:*
carri blindati e armati, carri semoventi, carri d'assalto, veicoli corazzati, carri semoventi artiglierie mobili, trasmissioni e sistemi di movimentazione carri, organi di guida.

7 *Artiglierie varie:*
tipologia delle artiglierie, organi, fusione e caratteristiche bocche da fuoco tardo medievali, alesatura anima, vecchi e nuovi affusti, palle di pietra e di ferro.

8 *Trabucchi, mangani, baliste e catapulte varie:*
macchine d'assedio varie, parco macchine classiche, arieti e scale componibili.

9 *Guerra navale:*
artiglieria navale, speroni e rostri, attacchi insidiosi, operazioni subacquee, mute subacquee, scafandri, snorkel, respiratori, palombari, campane subacquee, miscele incendiarie e fumogene.

10 *Costruzioni civili:*
progettazioni edifici privati, pubblici e religiosi, progettazione acquedotti e canali, progettazione di porti, fortificazioni varie.

Ed è sicuramente emblematico che quando Leonardo scrisse quella lettera d'impiego a Ludovico il Moro duca di Milano, stava già alla sua corte, ma come musicista di risaputa fama, mentre come ingegnere nella migliore delle ipotesi non si differenziava ancora dai tanti altri colleghi. Ma chi erano i più noti tecnici in questione e, soprattutto, quanto simile risulta la loro opera a quella di Leonardo e degli antichi artefici di epoca ellenistica?

I predecessori ed i coevi

Stando agli articoli della famosa lettera di ingaggio di Leonardo in quei dieci capisaldi, come evidenziato, racchiude buona parte della produzione tecnico-militare fino ad allora progettata e adottata, da lui e soprattutto dai suoi colleghi precedenti e coevi. Va, inoltre, osservato che l'insieme delle sue proposte, ai nostri occhi forse troppo divaricate fra loro, esattamente come già quelle di Valturio, al di là delle esigenze tattiche, rispondono invece ad un criterio quasi teologico esposto già nell'XI secolo e che agì da binario tematico. Spicca in materia il *Didascalion* di Ugo di san Vittore (1096-1141), che classificò gli oggetti della conoscenza in quattro categorie, l'ultima delle quali è la meccanica, nella quale furono inclusi l'abbigliamento, l'armamento (macchine da guerra), la navigazione, l'agricoltura, la caccia, la medicina e l'ideazione dei giochi. Competenze che, a ben guardare, si ritrovano tutte nelle prestazioni degli ingegneri, a partire da quello che può considerarsi l'archetipo dei contratti d'ingaggio, stipulato il 26 luglio del 1269 tra Alfonso di Poitiers e un certo *Assaut ingeniator magister machinator*, italianizzato in *magistro Assalto ingeniatore.*[9]

La nuova impostazione presto si diffuse e nella scienza finirono i congegni meccanici, che andavano dalla carpenteria alla costruzione delle macchine per il sollevamento, dagli strumenti musicali, alle armi, dagli specchi ustori ai sistemi di conduzione dell'acqua. Concezione che alla fine sarà riassunta nel 1296 da Raimondo Lullo con il suo *Arbor scientiae.*[10] In quest'impostazione si ritrovano le origini delle apparentemente troppo variegate competenze degli artisti ingegneri rinascimentali, per cui Leonardo che ne è per molti aspetti l'emblema, non va considerato una eccezione dettata dalla sua curiosità ma il vertice della concezione. Vi è ancora da rilevare, al riguardo, che nonostante la sostanziale identità dei temi trattati, quasi una sorta di decalogo imprescindibile, ogni autore cercava di aggiungervi qualcosa di suo, di diverso e originale. Si trattava più che di congegni veri e propri, di suggestioni e da stimoli reputati significativi, ma non al punto di essere più accuratamente approfonditi, forse per paura di uscire troppo dalla norma che, a conti fatti, era una garanzia di lavoro! Abbiamo così, ad esempio, Villard de Honnecourt che accenna ad uno scappamento, congegno che dominerà l'orologeria fin quasi ai nostri giorni; o Guido da Vigevano che si sofferma sulla motorizzazione eolica per carri semoventi, dando origine perciò se non all'automobile al suo criterio informatore; Konrad Kyeser che a sua volta introduce un ordigno sospeso in aria, verosimilmente un archetipo di pallone ad aria calda. La galleria potrebbe estendersi a tutti gli artisti ingegneri, che nel loro insieme, proprio con quelle, a prima vista, marginali novità, forniranno una panoramica più ampia dei settori di ricerca, suggerimenti che i più recenti e curiosi non mancheranno di approfondire, magari disegnandone meglio le caratteristiche, come spesso fece Leonardo, finendo per divenirne gli ideatori!

La concezione dell'artista ingegnere, e dell'ingegnere militare dall'ampio ventaglio di competenze e interessi svanirà già nella prima metà del XVI secolo, sostituita da una nuova figura professionale di ingegnere, dalle più profonde ma più settoriali conoscenze, la premessa dell'attuale *iper* specializzazione. Ciò premesso passiamo ad esaminare i principali rappresentanti della categoria tra il XIV secolo ed il XVI, tali, giova ripeterlo, solo perché ce ne sono pervenuti disegni e scritti.

1200≈1300 Villard de Honnecourt

Il cognome potrebbe tramandarne la località d'origine, essendo relativo ad un paesino della Piccardia, sede di una abbazia benedettina. Di lui sappiamo, con relativa sicurezza, soltanto che visse nel XIII secolo. Forse fu un architetto, forse un capomastro lapicida, occupato nella costruzione di qualche cattedrale. Il suo taccuino, denominato *Livre de portraiture-libro della ritrattistica* redatto tra 1225 ed il 1235, concerne soprattutto temi architettonici e

9 - Da A. A. SETTIA, *Rapine, assedi, battaglie. La guerra nel Medioevo,* Roma-Bari 2002, pp. 77-182, distribuito in formato digitale da *Reti Medievali,* p. 15.
10 - Cfr. F. Russo, F. Russo, *Techne,* vol. II.

Illustrazione tratta da un codice di Villard de Honnecourt.

l'esposizione schematica di macchine accessorie alle costruzioni e si può considerare il prototipo dei successivi taccuini degli artisti ingegneri. Purtroppo la raccolta è mutila: probabilmente i disegni migliori e più dettagliati furono asportati già nel Medioevo, per cui quanto ci è pervenuto deve presumersi pari alla metà, se non ad un terzo, delle tavole originali. In dettaglio solo 33 fogli di pergamena, formato cm14 x 22 disegnati su entrambe le facciate e rilegati in cuoio marrone, per un totale di 66 pagine.

Tralasciando i disegni architettonici, quelli delle macchine appaiono redatti ancora con la stessa approssimazione dei codici greci dell'XI secolo, lasciandoci concludere che per l'intero XIII non si scorge evoluzione grafica. Fra le macchine, raffigurate in maniera così approssimata da renderne dubbia l'identificazione, spicca la sega idraulica per tronchi d'albero. Indipendentemente dalla concezione meccanica, testimonia il recupero dell'uso della forza motrice di un corso d'acqua per azionare una macchina utensile, qualcosa di diverso dal solito mulino, ed è senza dubbio interessante osservare che quando i mulini a vento diverranno dei veri aeromotori, ancora nel XIX azioneranno seghe automatiche per la produzione di tavoloni. Quanto alla sega di Honnecourt appare rudimentale: la ruota idraulica trascina per alcuni decimetri la lama, ovviamente in fase di taglio, che liberatasi in qualche modo è ricondotta al punto di partenza da una pertica flessibile. Nella rozzezza del disegno sembrerebbe riconoscersi un dispositivo di avanzamento del tronco da segare, ad azionamento manuale.

Se dal punto di vista energetico la macchina segna un recupero dell'età classica da quello meccanico, invece, è un vistoso regresso rispetto agli standard in essa vigenti. Basti considerare la sega idraulica a lame multiple, utilizzata intorno al III-IV sec. per ridurre in lastre i blocchi di marmo, ricordata per il suo incessante stridio da Stazio, azionata dalla corrente della Mosella. Di una sega siffatta ci è pervenuta una chiara rappresentazione sul bassorilievo funebre di M. Aurelio Ammiano, scoperto ad *Hierapolis* e datato tra la fine del II e l'inizio del III secolo. Va evidenziato che per la prima volta compare un meccanismo biella-manovella, in maniera esplicita e dettagliata, in grado di trasformare il moto rotatorio prodotto da una ruota idraulica nel moto alternativo necessario a quel particolare utensile, lo stesso che trasforma il va e vieni di uno stantuffo a vapore nella rotazione di una ruota d'una locomotiva. In un altro disegno compare un dispositivo di sollevamento a vite, che è l'inverso del torchio ellenistico, di cui numerosi esemplari sono tornati alla luce ad Ercolano e Pompei.

Di gran lunga più originale, persino avveniristico, è il meccanismo per la rotazione del braccio di un angelo, concepito per fargli indicare sempre il sole. Il movimento, perciò, si deve supporre ad orologeria, mediante la discesa di contrappeso, frenato e regolato da un dispositivo analogo a quello che sarà di lì a breve lo scappamento.

In conclusione, si rileva l'esistenza di una meccanica abbastanza evoluta, a differenza della grafica per rappresentarla adeguatamente. Un balbettio di persona istruita, o l'incerto parlare di un principiante.

1280≈1350 Guido da Vigevano

Di lui sappiamo con certezza che fu un medico, vissuto tra il XIII ed il XIV secolo, e che si trasformò in ingegnere militare solo in un secondo tempo. Nacque, ovviamente, a Vigevano, forse nel 1280, e studiò medicina a Bologna, divenendo il medico personale dell'imperatore Enrico VII, che curò fino alla sua morte nel 1313. La giovanissima età ed il prestigioso incarico lasciano presumere una sua

Guido da Vigevano in una miniatura medievale.

straordinaria rinomanza scientifica, che trova conferma nell'essere assunto sempre come medico personale, subito dopo, anche dal re di Francia Filippo VI. Incarico mantenuto per oltre un ventennio e conclusosi solo con la morte del sovrano nel 1335. Fu quindi medico personale di Giovanna di Borgogna, regina di Francia Giovanna, intorno al 1349, anno nel quale, cessando ogni sua ulteriore notizia biografica, se ne suppone la morte avvenuta verosimilmente in Francia.

Di rilevante ampiezza la sua produzione letteraria scientifica, consistente in diversi trattati di medicina, di anatomia, d'igiene e di un ponderoso testo sull'arte della guerra. Lo stimolo di quest'ultimo, può ravvisarsi nella volontà di Filippo VI di bandire una nuova crociata esposta nel 1328, pretesto per il dotto clinico per redigere nel 1335 il *Texaurus regis Francie aquisitionis terre sancte de ultra mare*... che tradotto nella sua interezza diviene: "*Tesoro per il re di Francia, su come conquistare la Terra Santa d'oltremare, su come mantenere la salute corporea, prolungare la vita e anche proteggersi dai venefici*".

L'opera è suddivisa in tredici capitoli, ciascuno inerente ad una precisa macchina, della quale viene fornita sia la descrizione del funzionamento sia uno schizzo, vagamente tecnico. Tralasciando alcuni dispositivi per la difesa o per il forzamento di fiumi e fossati, il trattato si dilunga soprattutto sulle torri, sui carri e sui ponti: in pratica lo stesso repertorio della lettera di Leonardo, fatta salva la rilevanza che, ovviamente, ancora non poteva avere l'artiglieria, ulteriore conferma della tipicità della stessa e delle tante similari lungo l'intero Rinascimento. Questo il relativo indice:

- 1° In che modo gli assedianti devono proteggersi dalle frecce dei saraceni.
- 2° Sul modo di fare una pertica.
- 3° Sul modo di fare un ponte e di porlo sul muro di una piazzaforte.
- 4° Sul modo di assalire le torri.
- 5° Sul modo di fare la scale imbattagliate e trasportarle arrotolate sui cavalli.
- 6° Sul modo di fare un castello imbattagliato da porsi vicino al muro di una città, più in alto di esso, e che si potrà trasportare a dorso di cavallo.
- 7° Sul modo di fare i ponti per superare i corsi d'acqua, trasportarli in pezzi sui cavalli e metterli sull'acqua in un'ora.
- 8° Sul modo di fare imbarcazioni capaci di navigare su tutti i corsi d'acqua e di trasportarle arrotolate sui cavalli.
- 9° Sul modo di passare a cavallo corsi d'acqua.
- 10° In che modo i fanti potranno attraversare grandi corsi d'acqua.
- 11° Sul modo di fare un carro imbattagliato che si muova senza forza animale, per portare lo scompiglio fra molte truppe, e che si possa trasportare in pezzi a dorso di cavallo.
- 12° Sul modo di fare un altro carro mosso dal vento e senza animali da tiro, che corra per i campi pianeggianti, disorientando tutto l'esercito.
- 13° Utile e necessario: sul modo di fare congegni, ossia le pantere, per tenere a distanza un gran numero di uomini armati, pur avendo pochi soldati nell'esercito.

Evidente già dal titolo dei capitoli l'ampio ricorso alla tecnologia militare classica, dalla nave mossa da ruote a palette e sostenuta da galleggianti pneumatici, agli elevatori a fune, simili a quelli impiegati nel Colosseo. O ancora dalle torri mosse con manovelle, estremo retaggio delle elepoli semoventi, ai carri blindati trainati o spinti da buoi e falcati all'esterno. Vera novità quelli azionati da una girante eolica, fungente da motore rotante con i grandi ingranaggi di demoltiplicazione per la trasmissione alle ruote, carro che non a caso sarà riproposto identico da Roberto Valturio, Konrad Kyeser e da Ma-

riano di Jacopo, ed attualmente reputato il vero antenato dell'automobile. Un apporto apparentemente originale si coglie nel criterio di rendere tutte le macchine esposte costituite di varie parti staccate, tali da potere essere someggiate o caricate su carri: ma anche in ciò l'esercito romano fu precursore! In generale, perciò, più che idee rivoluzionarie, reminescenze abbastanza dettagliate. Quanto all'aspetto grafico, pur ostentando una certa miglioria rispetto a quelli del secolo precedente è ancora rudimentale, tendente all'assonometria.

Guido da Vigevano nel suo trattato affronta spesso temi cari alla medicina dei quali non a caso era reputato maestro, in special modo dopo la pubblicazione nel 1345 del suo trattato sulla anatomia, *Anathomia designata per figures*, originariamente corredato da 24 tavole delle quali però soltanto 6 ci sono pervenute, essendo andate disperse tutte le altre. È emblematico osservare la forte analogia di quelle illustrazioni, e di molte altre di coevi trattati di medicina, con quelle dei manoscritti greci e latini, mentre il criterio informatore dell'opera è quello dei manoscritti arabi a tema anatomico, a loro volta ispirati dai codici alessandrini. Ancora un ritorno alla scienza ellenistica, attraverso la via araba! E, dettaglio significativo, la competenza clinica e tecnica dell'autore conferma che le due discipline non erano disgiunte nemmeno nel XIV secolo, valida premessa per gli studi di anatomia degli artisti rinascimentali, in genere, e di Leonardo in particolare.

1366≈1405 Konrad Kyeser

Di questo celebre ingegnere militare tedesco sappiamo ben poco, e ancor meno della sua plausibile biografia: nacque verosimilmente da famiglia nobile il 25 agosto del 1366 a Eichstätt, modesta città fra Monaco e Norimberga. Intorno a trent'anni, circostanze avverse lo costrinsero all'esilio in Boemia, dove forse compose il suo celebre trattato che, per alquanti riferimenti interni, si deve presumere concluso entro il 1405. Non disponendo di sue ulteriori notizie dopo quell'anno, lo si considera convenzionalmente anche quello della sua probabile morte. La sua rinomanza di ingegnere militare fu tale da permanere per oltre un secolo e le illustrazioni del suo trattato ancora più a lungo.

Fu tra i primi a proporre un ampio ventaglio sistematico di macchine, per lo più di uso militare, in un meticoloso trattato: non a caso viene ritenuto di estrazione militare, per cui direttamente competente su quanto espone. Il testo, intitolato *Bellifortis*, si articola su dieci libri così suddivisi:

Ritratto di Konrad Kyeser dal suo codice Bellifortis.

I	Carri
II	Le macchine d'assedio
III	Le macchine idrauliche
IV	Le macchine elevatrici
V	Le armi da fuoco
VI	Le armi difensive
VII	I segreti meravigliosi
VIII	I fuochi per la guerra
IX	I fuochi per le feste
X	Gli attrezzi e gli strumenti di lavoro

Già da questa sommaria indicazione traspare l'ampiezza della ricerca, che di fatto spazia dai ponti di circostanza, ai carri d'assalto, dalle scale d'assedio alle artiglierie, per finire, persino, alla cintura di castità, di cui è il primo a descriverne le caratteristiche e l'impiego! Il *Bellifortis,* forse proprio per affrontare tanti argomenti, godette di un enorme successo, innescando la composizione di una miriade di similari.

1377-1446 Filippo Brunelleschi

Nacque a Firenze nel 1377 ed il suo corso formativo avvenne, secondo l'allora vigente tradizione, in una bottega artigiana come orafo e scultore. Si iscrisse nel 1398 all'Arte della Seta e l'anno dopo partecipò

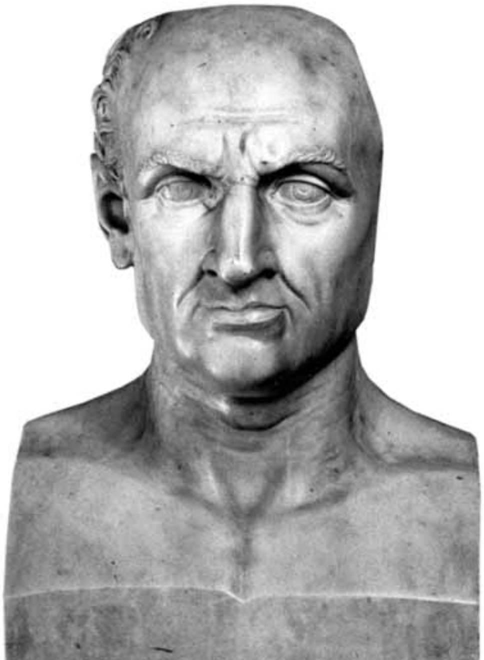
Sopra: *ritratto di Filippo Brunelleschi.*
A fianco, in basso: *busto di Lorenzo Ghiberti, 1814. Roma, Protomoteca Capitolina.*

all'arredo dell'altare del Duomo di Pistoia, con alcuni busti d'argento. Nel 1401 vinse il concorso per la creazione della porta bronzea del Battistero fiorentino, avendo la meglio sul Ghiberti. Nel biennio successivo fu a Roma, a studiare insieme con Donatello i ruderi della città, in particolare le loro proporzioni e le loro tecniche costruttive. Al 1417 viene fatto risalire il suo primo parere per la costruzione della cupola del Duomo di Firenze, mentre a partire dal 1419 si cimenta con l'edificazione dell'Ospedale degli Innocenti, debutto dei canoni classici di recente recuperati. Nel 1420, dopo aver vinto il concorso per la costruzione della cupola del Duomo insieme a Ghiberti, finirà sei anni dopo per restare solo alla guida del cantiere, per i dissidi con il collega. L'opera muraria sarà completata nel 1434 ricevendo nel 1436 la lanterna del Verrocchio e la consacrazione.

Altre sue opere furono la Sacrestia Vecchia di San Lorenzo, la ristrutturazione del Palazzo di Parte Guelfa, e quella della chiesa di Santo Spirito, nonché la costruzione della Cappella de' Pazzi e della rotonda di Santa Maria degli Angeli, tra il 1440 ed il 1465. Morì nel 1446 a Firenze, dove fu sepolto in Santa Maria del Fiore. Non lasciò alcun taccuino di disegni propriamente detto, ma si occupò della progettazione delle macchine e della loro realizzazione, essendo indispensabili per la costruzione della cupola. Di alcune di loro ce ne è pervenuta l'immagine.

1378-1455 Lorenzo Ghiberti

Fra gli artisti-ingegneri un posto di assoluta preminenza si guadagnò Lorenzo Ghiberti, il cui apprendistato fu di orafo. Stando alle notizie biografiche, nacque a Pelago, un paesino della provincia di Firenze, nel 1378. Tra i suoi lavori più noti spicca la Porta nord del Battistero di Firenze, avviata nel 1401 e terminata nel 1424; varie statue e, quindi, a partire dal 1425 la creazione della porta est del Battistero, meglio nota in seguito come Porta del Paradiso, nome datogli da Michelangelo. A partire dal 1447 scrisse i tre libri dei *Commentari*, inerenti alla produzione storica dell'arte. Più noto lo *Zibaldone*, che è una raccolta di disegni di macchine e di elementi architettonici. Sulla sua effettiva paternità letteraria esistono ampie riserve, attribuendosi spesso alla penna del nipote Bonaccorso Ghiberti (1451-1516). Dal nostro punto di vista la questione è irrilevante dal momento che quei disegni sono comunque relativi alle macchine impiegate per la costruzione della cupola, progettate e costruite da Lorenzo Ghiberti, quindi di diversi decenni precedenti alla produzione di Leonardo.



1382≈1453 Mariano Jacopo detto il Taccola

Nonostante la sua accertata e riconosciuta rilevanza nella storia della tecnica e dell'ingegneria in generale, di Mariano di Jacopo, più noto come il Taccola, abbiamo ben poche notizie. Nacque a Siena, probabilmente nel 1382, da una modestissima famiglia, e morì intorno al 1453: unica relativa certezza l'aver svolto con continuità la professione di artista ed ingegnere militare. Per le generazioni successive, la sua produzione teorica fu assolutamente condizionante, al punto da costituire un fondamento imprescindibile più che una premessa. Logico, pertanto, considerare suoi allievi nella maggiore accezione tutti quelli che in seguito si dedicheranno al settore. Dal punto di vista professionale, intraprese la carriera di notaio, poi di segretario della locale università, quindi di scultore, incaricato dei trasporti ed ancora ingegnere idraulico, per finire a vita privata grazie ad una pensione statale.

La sua intera produzione scientifica fu racchiusa in cinque manoscritti, dei quali uno forse definitivamente scomparso: certamente poco per la quantità di argomenti trattati e per l'innovativo approccio. Da quei taccuini, comunque, ne derivò un'ampia raccolta di disegni di macchine, in due repertori, intitolati *De ingeneis* e *De machinis libri X*. Il primo, diviso in quattro libri, risulta redatto fra il 1419 e il 1450: i libri 1° e 2° sono custoditi a Monaco di Baviera e contengono disegni di ingegneria militare e civile, mentre il 3° e il 4° a Firenze e concernono per lo più l'idraulica. Il *De machinis*, conservato sempre a Monaco, risulta redatto fra il 1430 ed il 1449 e contiene prevalentemente disegni a carattere militare. Sebbene alcuni studiosi abbiano voluto ravvisare anche nel Taccola un genio rivoluzionario, la sua competenza in realtà non si discosta gran ché dalla tradizionale semplificazione medievale della tecnologia d'età classica. Non a caso, per molti altri il suo maggior contributo fu di restituire ai trattati tecnici dell'antichità le immagini comprensibili, essendo queste ultime andate perdute o molto confuse nelle copie medievali. Il tentativo, definito *filologia macchinale*, è il debutto del testo tecnico, nel quale il disegno è concepito come vettore principale dell'informazione, non essendo più una mera immagine, dal momento che ha ormai acquisito le precise regole di corrispondenza con la realtà

È innegabile, infatti, che i disegni del Taccola costituiscano un indubbio avanzamento rispetto agli analoghi di Kyeser, di Fontana e, persino, di Ghiberti, proprio per la loro evidente fedeltà. Ciò gli valse, stando almeno alle memorie dei contemporanei, una vasta notorietà ed il soprannome di Archimede senese.

≈1393≈1455 Giovanni (o Jacopo) Fontana

Di lui si ignorano quasi del tutti i dati biografici: forse nacque intorno al 1393 e scomparve intorno al 1455, risultando perciò appena più giovane di Brunelleschi e del Kyeser. Sappiamo, sia pur nebulosamente, che studiò medicina a Padova a ridosso del 1418 e che in seguito divenne medico militare per la Repubblica Veneta, prestando servizio tra il 1420 ed il 1432 nei pressi di Brescia. Si occupò di storia naturale e di fisica, al punto da ritenersi più un uomo di scienza che un ingegnere. Scrisse moltissimi testi, in particolare due codici ed un manoscritto cifrati che solo di recente sono stati interpretati. L'impiego della criptazione del testo non costituiva una pratica eccezionale, tuttavia nella fattispecie lo diviene per la sistematicità precorrendo in ciò l'adozione della scrittura speculare di Leonardo per scoraggiare la lettura di quelle ricerche. Fra i suoi progetti più strani un contenitore con apertura a combinazione alfabetica su anelli cifranti che, definita di recente *criptex*, è stata acriticamente attribuita a Leonardo, come del resto la *lanterna magica* della quale redige un inequivocabile disegno.

La sua opera più importante fra quelle che gli vengono attribuite è il *Bellicorum instrumentorum liber*, che consiste in una raccolta di numerosi progetti di macchine militari meticolosamente illustrate e descritte nei loro dettagli sia pure in linguaggio cifrato. Per quanto se ne sa, il trattato venne composto tra il 1420 ed il 1440 su precisa richiesta.

1405-1475 Roberto Valturio

Un altro stimato medico, divenuto solo in seguito trattatista di ingegneria militare, è Roberto Valturio. Nato nel 1405 da una famiglia di alti funzionari, dal 1446 visse per lo più a Rimini alla corte dei Malatesta, dove morì nel 1475. Educato alla scuola del padre, divenne lettore di retorica e poesia nell'Università di Bologna, fra il 1427 ed il 1437, trasferendosi poi presso la curia di Roma per incarichi dirigenziali. Tornato nel 1446 a Rimini, dopo il matrimonio entrò a far parte del consiglio privato di Sigismondo Pandolfo Malatesta, acquisendo così una rilevante reputazione. Proprio su richiesta di Sigismondo Malatesta, tra il 1446 ed il 1455 compose un trattato di tecnica militare, il *De re militari*, sud-

diviso in dodici libri, pur non essendo un tecnico propriamente detto ma, piuttosto, un divulgatore. Questa la loro suddivisione:

libri I-V	doti morali del condottiero e relative semplificazioni storiche.
libri VI-VII	l'arte della guerra in epoca romana, con i relativi usi, credenze e procedure; descritte anche le caratteristiche dei soldati, fanti e cavalieri, le qualità dei comandanti, le tattiche e le strategie.
libro VIII	descrive gli uffici pubblici, ovvero gli incarichi e le cariche civili e militari.
libro IX	descrive le formazioni militari e le procedure di combattimento.
libro X	descrive le insegne, i gradi, le uniformi militari, le armi e le artiglierie.
libro XI	si dilunga sulla guerra navale, descrivendo i diversi tipi di imbarcazioni e navi, nonché le tecniche di navigazione e le battaglie navali del passato.
libro XII	tratta delle onorificenze e dei trionfi militari.

Il testo, ultimato nel 1455, fu stampato la prima volta nel 1472, conoscendo nel corso del secolo successivo una serie nutrita di riedizioni, sia in latino sia in volgare. Gli arrise un enorme successo, grazie anche alle suggestive illustrazioni di Matteo de' Pasti: ne ebbero copie persino il re di Francia Luigi XI, il re d'Ungheria Mattia Corvino, il duca d'Urbino Federico da Montefeltro e lo stesso Lorenzo de' Medici signore di Firenze.

≈1400≈1450 Anonimo della guerra ussita

Dell'autore del manoscritto, redatto in antico tedesco ed illustrato con una serie di tavole, custodito attualmente nella *Staatsbibliothek* di *Munchen* e fatto risalire alla prima metà del XV secolo, forse intorno al 1430, non si conosce praticamente nulla, fatte salve la professione d'ingegnere e l'origine bavarese. Ben evidente, infatti, la sua competenza nell'ambito delle macchine, soprattutto militari, al punto da meritarsi il soprannome di *Anonimo della guerra ussita.* Poche decine i suoi disegni pervenutici, ma di notevole interesse nella ricostruzione dell'evoluzione del pensiero tecnico, collocandosi per vari e significativi dettagli alquanto più avanti del pressoché contemporaneo e conterraneo Kyeser, specialmente per le attività subacquee. Altrettanto indicativi i rilievi relativi ai trapani, usati per forare longitudinalmente tronchi di quercia per farne tubi per l'acqua. Macchine che, quasi certamente, ebbe occasione di vedere in funzione e non di progettare, dettaglio non secondario, trattandosi di una prassi consolidata e non certo da venire, come un analogo e celebre disegno di Leonardo sembrerebbe avallare.

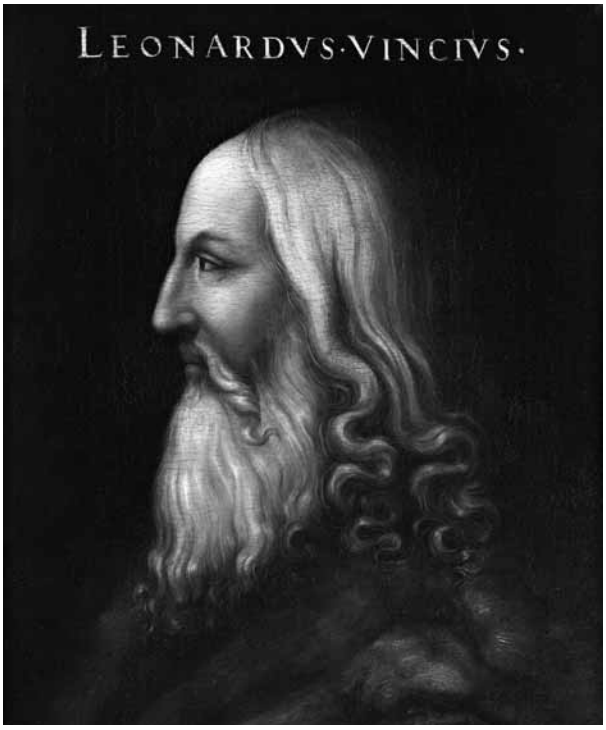
1439-1501 Francesco di Giorgio Martini

Fra i tecnici più noti di questa piccola galleria spicca Francesco di Giorgio Martini, forse il più vicino all'opera di Leonardo e di sicuro il più oscurato dal suo mito. Di recente, tuttavia, se ne assistite al recupero che, paradossalmente, non di rado ha assunto connotazioni inverse finendo per ascrivergli meriti e conoscenze che in realtà non ebbe, al pari dello stesso Leonardo. Identica la genesi di quel reiterato equivoco: scambiare un ottimo disegnatore per un geniale inventore, soltanto perché le sue raffigurazioni a primo acchito, sembrano originali e facili da comprendere! La sua biografia ne colloca la nascita nel settembre del 1439, da famiglia modesta, ed il battesimo a Siena il 23 dello stesso mese. Per quanto siamo in grado di appurare, il suo tirocinio non dovette differire da quello degli altri apprendisti artisti tecnici coevi. Per alcuni studiosi fra il 1458

Francesco di Giorgio Martini in un ritratto del Vasari.

ed il 1464 deve farsi risalire l'abbozzo del suo primo trattato o, per lo meno, della sua sezione architettonica. Del resto, la fama di ingegnere militare del Martini crebbe notevolmente dopo una serie di incarichi tecnici, affidatagli dalla città di Siena.

Nel 1477 Francesco di Giorgio lavora per Federico da Montefeltro e pur essendo la convocazione alla corte di Urbino di tipo squisitamente militare, non trascura la sua arte di scultore né la curiosità di studioso. Senza voler in alcun modo entrare nella sua vicenda scientifica, va soltanto ricordato che dal 1480 fu reputato un tecnico affermato e, pertanto, dovunque ricercato. Innumerevoli i progetti di fortificazioni eseguiti in ogni parte della Penisola, al punto da potersi reputare quasi il progettista per antonomasia dell'ultima architettura difensiva di transizione. Morì a Siena il 29 novembre del 1501: di lui ci è rimasta una sola opera sebbene di vasta rilevanza: il *Trattato di architettura, ingegneria e arte militare*. In sostanza è l'ennesima esposizione, molto bene illustrata, del tradizionale repertorio di invenzioni e tecniche varie, nessuna delle quali originale e innovativa.



Leonardo da Vinci in un ritratto di Cristofaro dell'Altissimo. Seconda metà del XVI sec..

1452- 1519 Leonardo Da Vinci

Leonardo nacque nel 1452 a Vinci, piccolo borgo sulle colline prossime a Firenze, il cui toponimo coincide stranamente con il suo cognome familiare. Figlio illegittimo di un notaio, Piero da Vinci, ultimo esponente di una famiglia che da oltre un secolo svolgeva tale attività, visse presso i nonni paterni. Nel 1468 raggiunse il padre a Firenze, dove però diede subito dimostrazione delle sue eccezionali potenzialità artistiche e figurative in particolare, al punto che fu lo stesso padre a raccomandarlo al Verrocchio, di cui era molto amico, di prenderlo a bottega. Dall'età di sedici anni, perciò, Leonardo iniziò il tirocinio, peraltro non soltanto pratico, secondo una prassi seguita all'epoca da molti giovani desiderosi di intraprendere la carriera di architetto o di ingegnere. Il che comportava per quanti reputati idonei lo studio e l'esercizio del disegno, della pittura e della scultura, dove in maniera più o meno maggiore ogni allievo per proseguire doveva dimostrare di possedere una discreta predisposizione. Nel frattempo ciascuno si applicava, sempre in modo empirico, sui cantieri e nelle botteghe affinando pure le conoscenze di anatomia, aritmetica e meccanica. Non di rado, i migliori compivano un soggiorno di studio a Roma, per approfondire dai suoi ruderi nozioni dettagliate di architettura, completandosi così il ciclo di formazione che precedeva l'avvio dell'attività professionale.

Nel 1472, Leonardo partecipò col Verrocchio alla realizzazione della palla di rame destinata alla cuspide della cupola di Santa Maria del Fiore. La particolare procedura di saldatura sarà ancora ricordata nei suoi appunti quarant'anni dopo, trattando degli specchi ustori. Probabile, perciò, che nell'occasione venne utilizzato qualcosa del genere, con esito verosimilmente positivo ma di cui non abbiamo un preciso riscontro. L'episodio, in se banale essendo facile saldare con lo stagno coppie di lamiere di rame, appare tuttavia emblematico, costituendo la prima conferma della riscoperta e dell'applicazione sul finire del XV secolo dell'antica tecnica degli specchi ustori, per ottenere la fusione dello stagno. Assodato che non poteva trattarsi di una tecnica abituale, stante l'ignoranza del Medioevo e l'incapacità di fabbricare superfici riflettenti sufficientemente precise, si deve supporre conseguente ad un allora recente recupero di capacità artigiana.

In quello stesso anno, Leonardo appena ventenne, risulta iscritto all'albo dei pittori della Compagnia di San Luca, formalità che lo abilitava alla professione autonoma. Una indubbia conferma di un talento senza dubbio precoce ma all'epoca per nulla eccezionale, essendo più o meno quella l'età nella quale iniziavano ad operare gli artisti. Dovranno,

però, trascorrere ancora altri dieci anni prima che Leonardo lasci Firenze per Milano, su incarico del Magnifico, portando in dono a Ludovico il Moro un suo curioso strumento musicale: una preziosa lira a forma di teschio di cavallo. Non è un omaggio casuale dal momento che il giovane risulta inviato in veste di musicista, conferma del prevalere ancora di questa sua capacità su quella di pittore o di tecnico. Fu forse in tale circostanza che venne presentata al duca la famosa lettera: di certo rimase alla sua corte per diciassette anni, fino al 1499. Costretto a lasciare Milano per la caduta del Moro, si ferma dapprima a Mantova, presso la duchessa Isabella d'Este, proseguendo poi per Venezia, dove per conto del governo si occuperà della difesa dell'Isonzo, essendo state quelle terre devastate da una terribile incursione turca. Tornò quindi a Firenze, per dirigere su Roma dove ebbe un breve soggiorno, per ritrovarsi con la qualifica di *Architecto et Ingegnero Generale* al servizio di Cesare Borgia nel 1502. Suo compito il controllo e l'aggiornamento delle varie fortezze del ducato di Urbino: ma dopo appena un anno rinuncia all'incarico, presagendo forse la fine del Borgia, e ritorna a Firenze, dove è segretario della Repubblica Niccolò Machiavelli. Fra le sue opere più famose realizzate in questo periodo la mitica *Battaglia di Anghiari* che doveva decorare la sala maggiore del consiglio insieme con la simmetrica *Battaglia di Cascina* affidata a Michelangelo: nessuna delle due grandi opere fu portata a termine. Nel frattempo Leonardo approfondisce i suoi studi nella biblioteca del convento di San Marco, esaminando i trattati ed i manoscritti lì conservati.

Nel 1506 lascia Firenze per tornare a Milano, promettendo alla signoria dalla quale legalmente dipende per la famosa *Battaglia* di rientrare entro tre mesi, promessa che non manterrà spostandosi frequentemente fra le due città, prima di stabilirsi nella seconda. Nel 1510 ritiene prossima la pubblicazione di un trattato d'anatomia, ma nel 1513 torna a Roma, ospite in Vaticano di Giuliano de' Medici, fratello del nuovo papa Leone X. Trascorrerà così un triennio occupandosi esclusivamente di ricerche scientifiche e tecnologiche, con brevi parentesi dedicate allo studio preliminare per la bonifica delle paludi pontine ed alla costruzione di un nuovo porto a Civitavecchia. Alla morte del suo protettore, nel 1516, Leonardo accetta l'invito del re di Francia Francesco I e si trasferisce ad Amboise presso la sua corte, per l'esattezza nel piccolo castello di Clos-Lucé dove con alcuni suoi allievi resterà fino alla morte, avvenuta tre anni dopo.

1457-? Philipp Monch

Fu verosimilmente un ufficiale di artiglieria preposto alla costruzione delle bocche da fuoco ed al loro maneggio, qualifica abbracciata all'epoca dalla qualifica di *maestro d'artiglieria*. In tale veste compose intorno al 1496 un trattato, splendidamente illustrato, di artiglieria e di tecnologia militare, intitolato *Buch der stryt und bucheben*, dedicandolo a Filippo del Palatinato, Elettore Palatino del Reno.

1551-1617 Fausto Veranzio

Pur essendo in notevole ritardo rispetto agli ingegneri rinascimentali, può considerarsi a giusta ragione l'ultimo della serie. Nato in una famiglia di letterati a Sebenico, divenne dopo gli studi cancelliere per l'Ungheria e la Transilvania, trasferendosi a Praga, entrando così in contatto con importanti scienziati, tra cui Keplero. In seguito si trasferì a Venezia dove morirà nel 1617. Fra i suoi testi per noi più rilevanti *Machinae Novae* edito a Venezia nel 1616, opera in cui espone ben 49 innovazioni tecnologiche, sempre magistralmente illustrate. Va osservato che non essendo in alcun modo disponibili i disegni di Leonardo, né i suoi appunti, la genesi di quelle invenzioni deve ascriversi a quanto già presente da tempo nella cultura scientifica e tecnica, e solo in parte realmente inedite. Tali furono, ad esempio, il paracadute, il ponte sospeso con catene, ed il ponte strallato e, non ultimo, il sistema di navigazione fluviale controcorrente.

Ritratto di Fausto Veranzio, da un libro ungherese del 1920.

Introduzione al repertorio

Prima di passare all'esame del repertorio comparativo, è indispensabile ricordare che per ragioni di spazio esso concerne soltanto una piccola parte della produzione sia di Leonardo che dei suoi predecessori, essendo peraltro anche la rimanente sostanzialmente analoga sul piano inventivo. Va, infine, ribadito che le supposte invenzione di Leonardo e degli altri tecnici rinascimentali possono schematicamente distinguersi in:

PSEUDO INVENZIONI, in realtà da tempo già esistenti ma da noi scarsamente conosciute, come per esempio le artiglierie a retrocarica con alzo a settore circolare, meglio note come *petrieri*, per cui i relativi disegni vanno considerati delle raffigurazioni o dei rilievi;

RIPROPOSIZIONI, ovvero di invenzioni già note ed utilizzate in epoca classica, scomparse in seguito e recuperate da manoscritti e bassorilievi, come ad esempio i *pentaspaston* cioè i verricelli a più carrucole;

INVENZIONI PARZIALI, ovvero tutte le macchine o i congegni nei quali compaiono elementi o meccanismi più elementari singolarmente presi già noti nell'antichità, ma assemblati in maniera diversa. Come pure congegni facenti parte nel passato di macchine più complesse e da quelle estrapolati. Esempi del primo caso possono essere le gru che impiegano buona parte del repertorio classico di taglie e carrucole; come pure le ruote dentate utilizzate sia per gli orologi che per strumenti diversi. Al secondo caso appartengono, invece, la sega per marmi, azionata da una ruota idraulica in età imperiale, così come le molle a nastro.

INVENZIONI MALINTESE, cioè derivate da letture di testi classici e per sommi capi schizzate, spesso senza alcuna relazione con gli originali, come ad esempio la *catapulta a ripetizione* di Dionisio d'Alessandria;

INVENZIONI UTOPICHE, ovvero quelle dettate da elucubrazioni filosofiche e alchimistiche, come ad esempio le macchine per il *moto perpetuo*;

INVENZIONI ASSURDE, in quanto contrarie ai criteri della fisica e della fisiologia perché non studiate correttamente, come ad esempio gli *scafandri subacquei*.

INVENZIONI DA NOI FRAINTESE, ma che nelle intenzioni di Leonardo e dei colleghi precedenti descrivevano tutt'altro, come ad esempio le artiglierie a canne multiple affiancate definite già dagli inizi del '400 *organi*, e in seguito scambiate per mitragliatrici.

Nonostante l'ampio ventaglio di divaricazione esposto, che di fatto ridimensiona di molto l'ambito delle vere invenzioni, tutti i tecnici ne tramandano, in misura maggiore o minore, testimonianza grafica come del resto anche delle rare invenzioni realmente tali, lasciando propendere anche per queste ultime per una a noi ignota preesistenza. La scelta è stata compiuta in base alla rilevanza degli argomenti tecnici trattati ed alla loro rilevanza futura, ponendo di volta in volta nella dovuta evidenza quanto di similare era già stato realizzato in epoca ellenistica, greco-romana. Essendo tanto il finire del Medioevo, come pure il Rinascimento sostanzialmente concordi nel collocare i quattro elementi empedoclei, terra, acqua, aria e fuoco alla base della realtà naturale, che secondo la nostra attuale fisica possono giustamente equipararsi ai quattro stati di aggregazione della materia, solido, liquido, aeriforme e del plasma, il repertorio secondo tale logica sarà scandito dall'avvicendarsi dei disegni. Quelli di Leonardo precederanno quelli dei predecessori, collocati a loro volta in ordine cronologico inverso, fino all'eventuale archetipo ellenistico. Questo per essere ritenuto valido e probante deve aver lasciato ampia traccia nelle fonti scritte, iconiche e materiali.

Va infine precisato che trattandosi dell'equiparazione di supposte invenzioni non è sempre strettamente necessaria l'assoluta affinità formale dei disegni e degli schizzi, ma è sufficiente la semplice identità degli scopi e delle finalità della macchina, del congegno o della procedura.

Referenze bibliografiche ed iconografiche:

Apollodoro di Damasco
Codice consultato: *Ms. 1164*, da un codice del II sec. ca., fondo Graeca, Archivio Vaticano.

Anonimo
Codice consultato: *codice Oxoniensis Canonicianus, class. lat. misc. 378*, 1436, copia di un codice del IV sec. *De rebus bellicis*.

Anonimo
Codice consultato: *Ms. 31,133*, ca. 1470, British Museum.

Villard de Honnecourt
Codice consultato: *MS fr 19093 (Villard de Honnecourt)* 1235 ca., Bibliothèque Nationale de France, Parigi.

Guido da Vigevano
Codice consultato: *MS lat 11015 (Guido da Vigevano: Le Macchine del Re*) 1335 ca., Bibliothèque Nationale de France, Parigi.

Konrad Kyeser
Codice consultato: *Cod. Ms. philos. 63 (Kyeser: Bellifortis)* 1405 ca., Göttingen, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek.

Lorenzo Ghiberti
Codice consultato: *Zibaldone autografo [?] con disegni a penna*, Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Banco Rari 228.

Mariano Jacopo Taccola
Codici consultati: *Parte terza del libro di ingegneria*, Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Palatino 766; *Disegni d'ingegneria civile e militare,* Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Palatino 767; *De Ingeneis*, *Codex Latinus Monacensis 197*, München, Bayerische Staatsbibliothek; *Add. 34113*, British Library, London; *Codex Santini*, Collezione Avv. Santini, Urbino; *De Machinis*, Ms. Lat. 7239, Bibliothèque Nationale de France, Parigi.

Giovanni Fontana
Codice consultato: *Cod. Icon. 242 (Fontana: Le Macchine) 1430 ca.;* München, Bayerische Staatsbibliothek.

Leon Battista Alberti
Codice consultato: Ms. Latino CO 330, *De re aedificatoria*, Biblioteca del Capitolo del Duomo di Olomouc, Moravia.; *Ludi Matematici*, 1450.

Anonimo della Guerra Ussita
Codice consultato: *Clm 197, fasc. A (Anonymus of the Hussite Wars)* 1475 ca., München, Bayerische Staatsbibliothek.

Johannes Formschneider
Codice consultato: *Hs. 1949-258 (Johannes Formschneider: Büchsenmeisterbuch)* 1475 ca.München, Deutsches Museum, Archiv.

Roberto Valturio
Opera consultata: *De re militari*, Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Incunaboli, C19, Verona 1483.

Ulrich Bessnitzer
Codice consultato: *Codex Palatino Germanica (CPG) 130 (Ulrich Bessnitzer: Zeughausinventar)* <1489, Heidelberg, Universitätsbibliothek.

Philipp Mönch
Codice consultato: *Codex Palatino Germanica (CPG) 126 (Philipp Mönch: büch der stryt und buochßen)* 1496, Heidelberg, Universitätsbibliothek.

Anonimo di Weimar
Codice consultato: *Fol 328 (Ingenieurkunst- und Wunderbuch)* <1500, Weimar, Herzogin Anna Amalia Bibliothek.

Francesco di Giorgio Martini
Codici consultati: *Codice Magliabechiano*, Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Fondo Nazionale II.I.141; *Codice Senese*, S. IV.4; *Codice Torinese Saluzziano*, 148; *Codice Laurenziano Ashburnhamiano*, 361; *Opusculum de architectura, Ms. 197.b. 21* (BML).

Giuliano da Sangallo
Codice consultato: *Ms. S.IV.8*, (BCS).

Leonardo da Vinci
Codici consultati, *Codice Atlantico, Madrid I, Madrid II, Ms. A, Ms. B, Ms. C, Ms. D, Ms. E, Ms. F, Ms. G, Windsor, Arundel*.

Daniele Barbaro
Opera consultata: *Vitruvius Pollio I dieci libri dell'architettura*, Venezia 1567.

Vitruvius Pollio
Opere consultate: *De Architectura*, Venetia 1567; *De Architectura*, Napoli, BN Vitt. Emanuele III, S.Q. LVI.C.16.

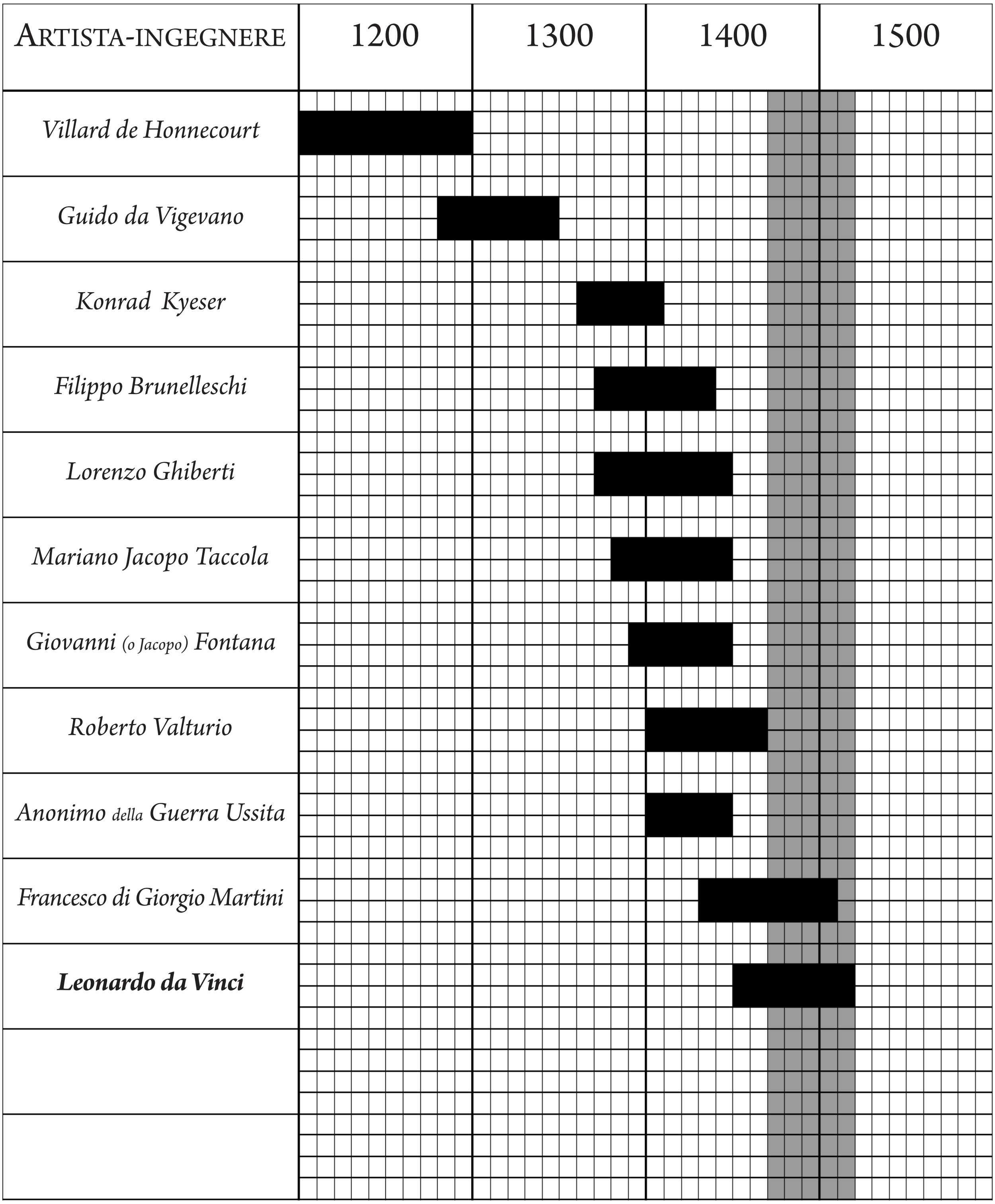


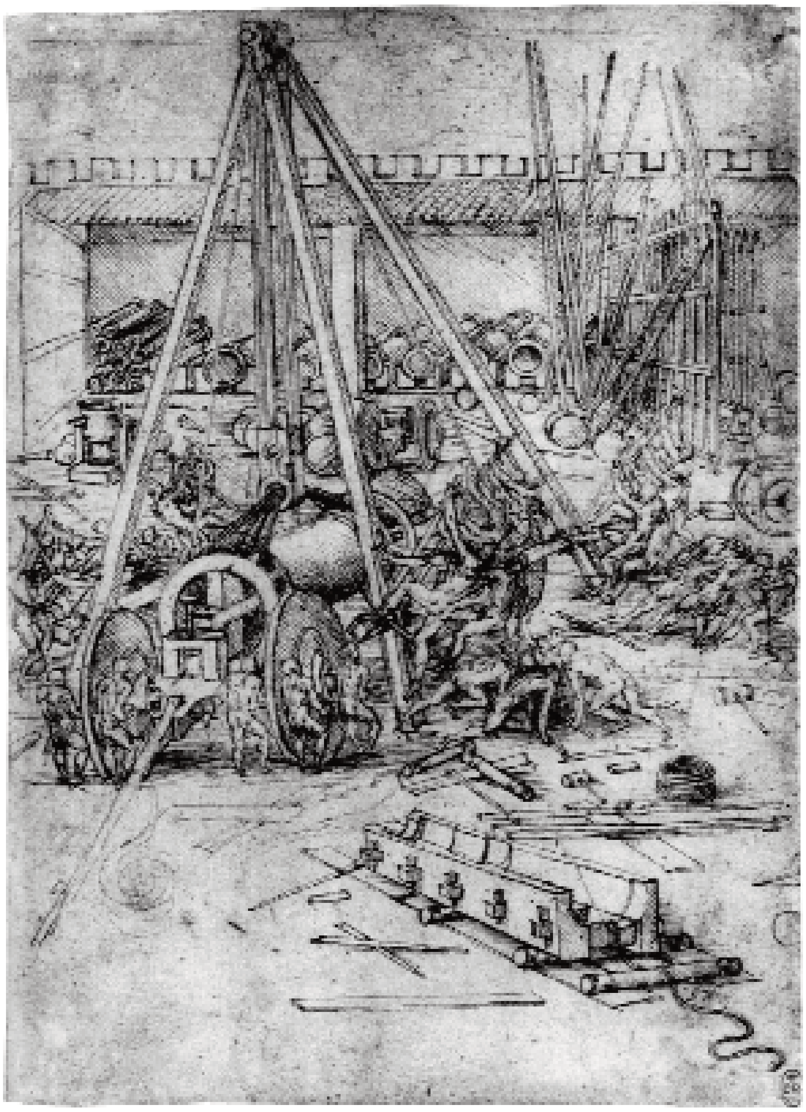
Diagramma comparativo dell'arco esistenziale dei più noti artisti-ingegneri operanti sul finire del Medioevo. In grigio è stato evidenziato il periodo compositivo delle tavole del Codice Atlantico.

REPERTORIO

1. MACCHINE ELEVATRICI E LORO ACCESSORI

1.1 Gru a quattro montanti

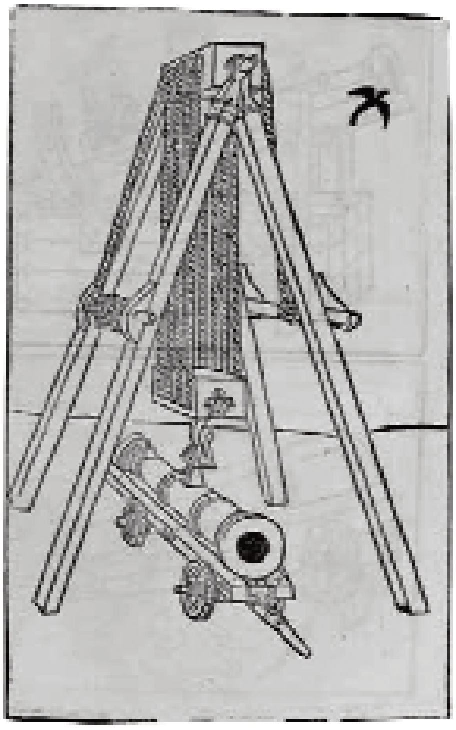
I Greci ed i Romani elaborarono vari tipi di gru, per lo più con due montanti inclinati, sostenuti da massicce gomene. Si conoscono pure gru a tre o quattro montanti, convergenti al vertice dove stava fissato il doppio blocco di carrucole. Gru siffatte, come riconosceva Erone, erano senza dubbio più salde ma con il limite di non poter variare la posizione del grave sollevato, se non verticalmente. Ideali perciò per sollevare carichi dai pozzi minerari, dalle stive delle imbarcazioni o dai carri. Ed anche quando si presentò l'esigenza di incavalcare le colossali bombarde di bronzo sugli affusti, nelle fonderie e negli arsenali a partire dal XIV secolo, dove divenne la gru per antonomasia con le più diverse denominazioni. Si spiega forse così la perfetta identità della grossa capra disegnata dal Ghiberti e poi dal Valturio, con quella raffigurata da Leonardo nella ben nota scena della Fonderia di cannoni.



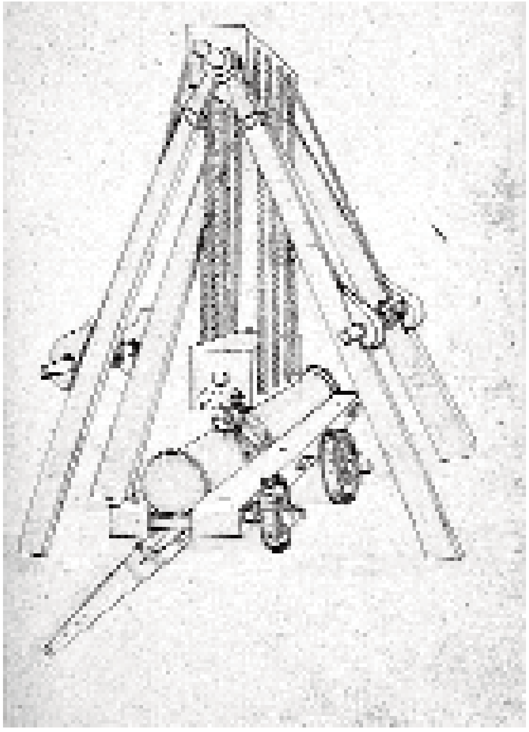
1.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Windsor RL 12647r; 2. Lastra con scena edile, da Terracina. Roma, Museo Nazionale Romano; 3. Roberto Valturio, De re militari, libro X; 4. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF), fol. 111v; 5. Daniele Barbaro, De Architectura, libro X, p. 339; 6. Anonimo della guerra Ussita, fol. 2r; 7. Johannes Formschneider, fol. 61v.*

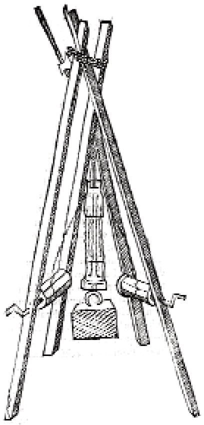
2.



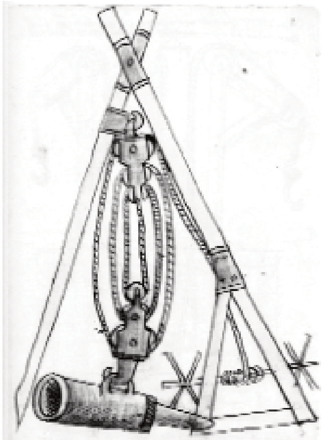
3.



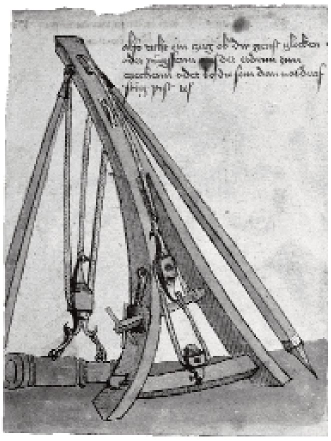
4.



5.



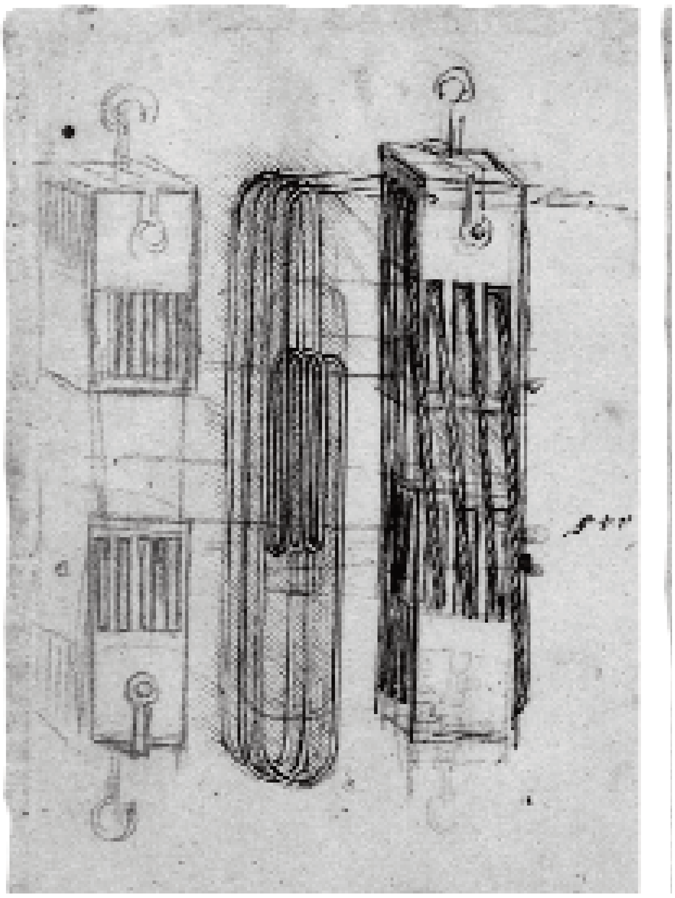
6.



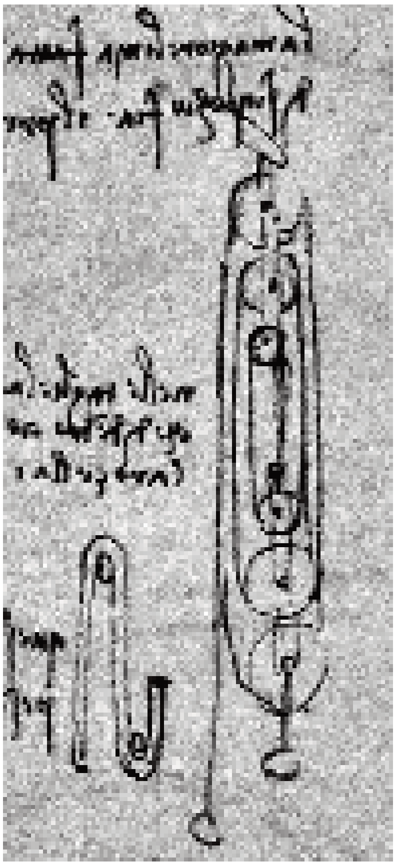
7.

1.2 Taglie a più carrucole

Le taglie si distinguono in fissa, quella applicata al castello, e mobile, quella munita di gancio. Vitruvio ci ha lasciato la descrizione della taglia a tre carrucole, in greco trispastos *ed a cinque,* pentaspastos*: nella fattispecie avevano rispettivamente due carrucole nella parte fissa ed una nella mobile, e tre nella fissa e due nella mobile. Per prestazioni maggiori sullo stesso asse si dispongono più carrucole affiancate: con un paranco di due taglie a tre carrucole affiancate tre uomini sollevano 700 kg. Potenzialità che cresce notevolmente quando si formano tre assi di tre carrucole affiancate per la taglia fissa e due per quella mobile, ottenendo un doppio blocco di carrucole. È quanto Leonardo disegna, non diversamente da Ghiberti e da Taccola e dalle raffigurazioni romane.*



1.

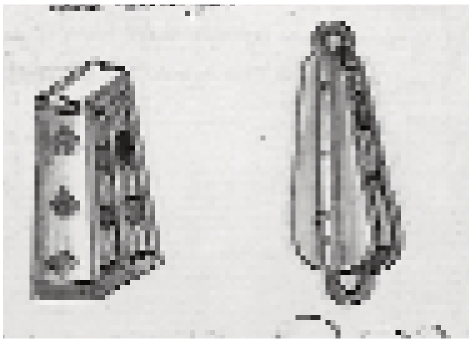


2.

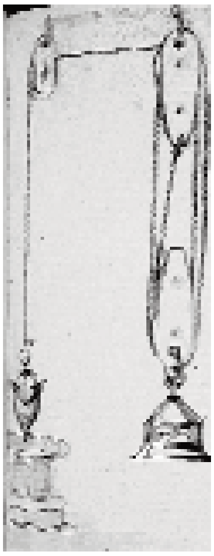
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 1102r; 2. Idem, Madrid I, fol. 155r, dett.; 3. Bassorilievo dalla tomba degli Haterii, det.; 4. Dettaglio del bassorilievo dell'Arco d'Orange; 5. Ulrich Bessnitzer, fol. 4r, dett.; 6. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 131; 7. Anonimo di Weimar, fol. 165v; 8. Mariano Taccola, De ingeneis, libro III, t.25; 9. Daniele Barbaro, De Architectura, libro X, p. 336.*

3.

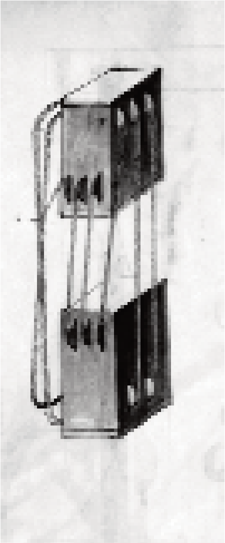
4.



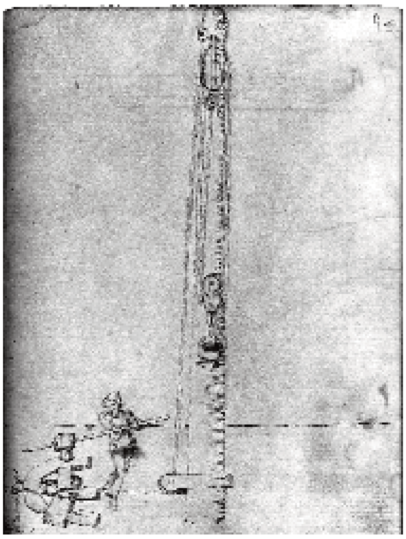
5.



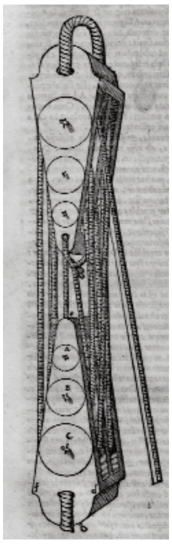
6.



7.



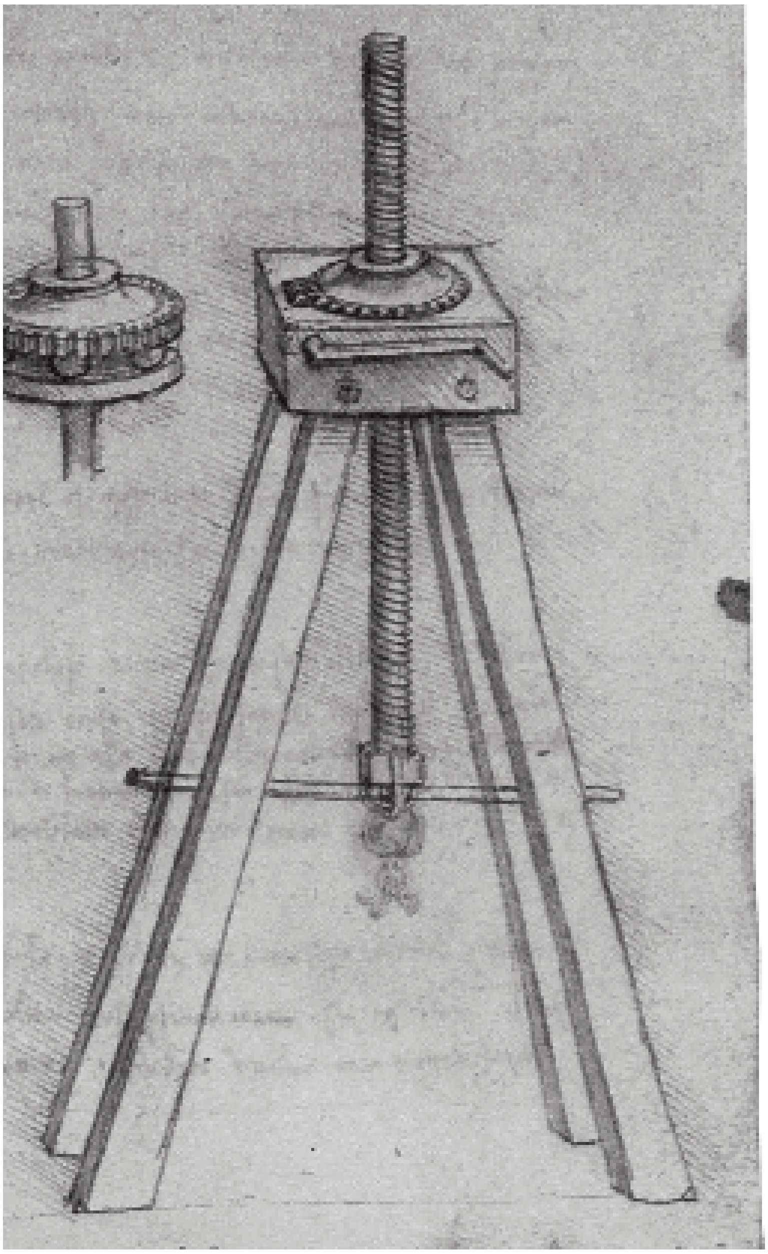
8.



9.

1.3 Elevatore a vite

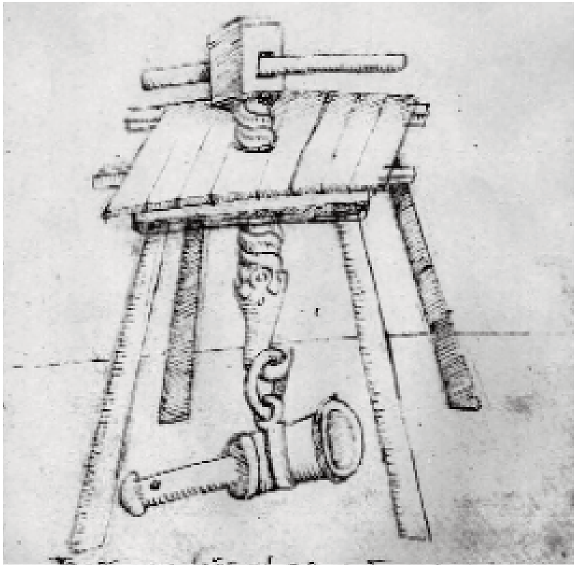
Per il sollevamento verticale, tornava conveniente usare una vite solidale al gancio ed una madrevite solidale al castello, l'una o l'altra fatte ruotare tramite un'adeguata leva. Dispositivo definito binda che prima di essere disegnato da Leonardo lo fu anche da Francesco di Giorgio Martini e, col medesimo criterio informatore da Ghiberti, da Taccola e, in maniera rozza, anche da Giovanni Fontana. Per restare al criterio informatore, lo ritroviamo già utilizzato, sia pure al contrario, nel torchio pompeiano, pervenutoci in vari esemplari, usato senza modifiche fino al XVIII secolo.

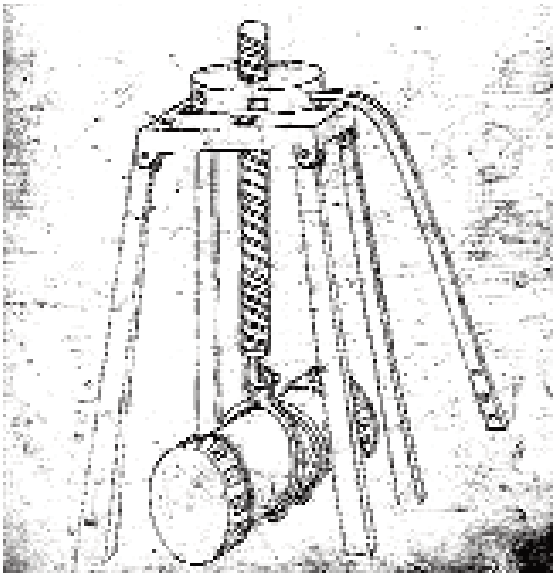


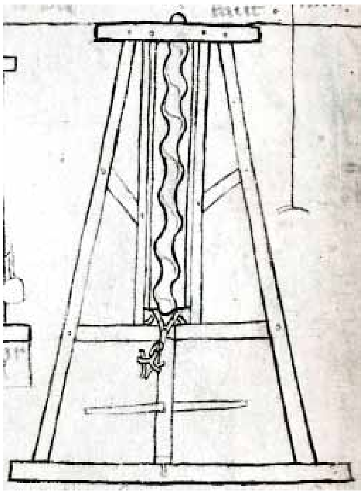
1.

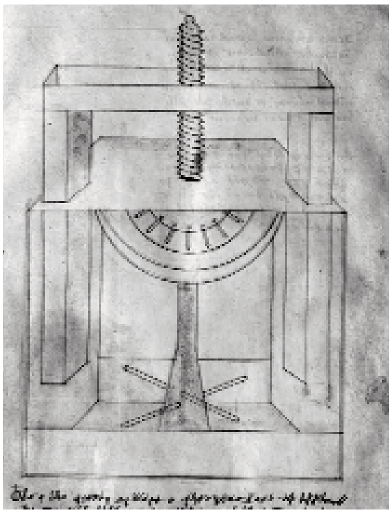
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 26r; 2. Torchio, pressorium, rinvenuto ad Ercolano; 3. Mariano Taccola, De Machinis, vol. II, fol. 18r ; 4. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141(BNCF) fol. 199r; 5. Villard de Honnecourt, BNdF, MS fr 19093; 6. Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum libri, fol. 25r; 7. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 116.*

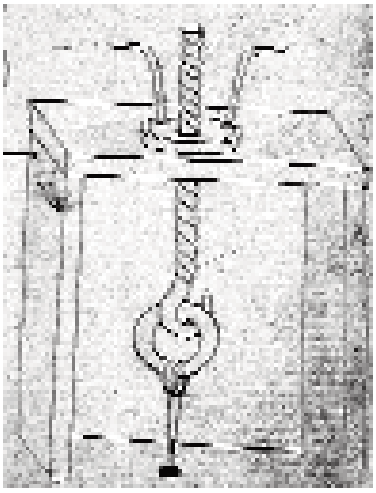
2.


3.


4.

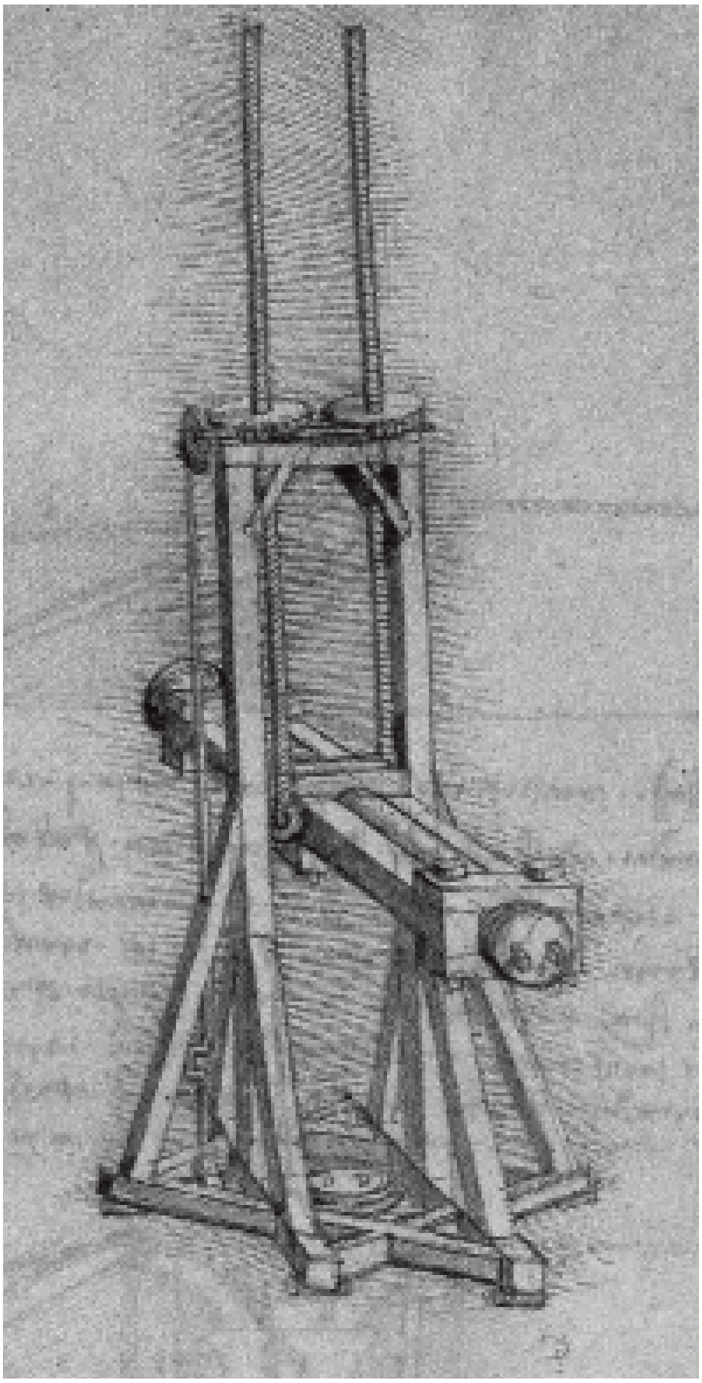

5.


6.


7.

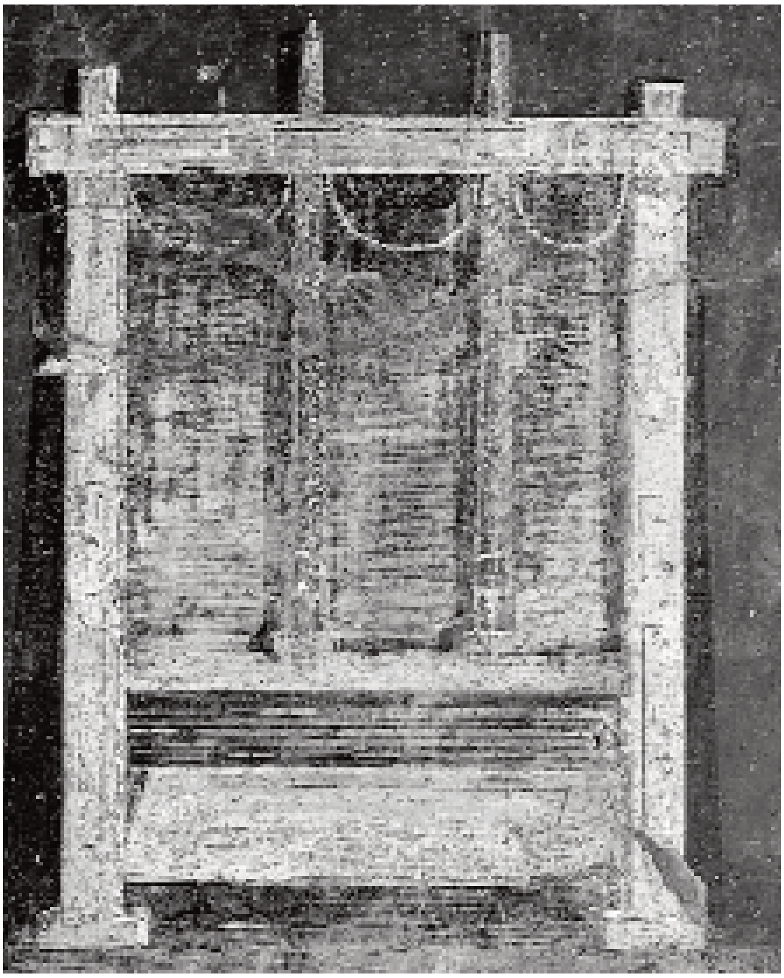
1.4 Binda a doppia vite

Per sollevare in maniera equilibrata carichi pesanti e lunghi, come le colonne, era preferibile agire mediante un'imbracatura, tirata dalle due estremità mediante una coppia di viti. L'idea ebbe, forse per i suoi ottimi riscontri, una vasta gamma di applicazioni: quella disegnata da Leonardo ne fu soltanto un prototipo. Del resto per la medesima esigenza si realizzò il torchio pompeiano a doppia vite.

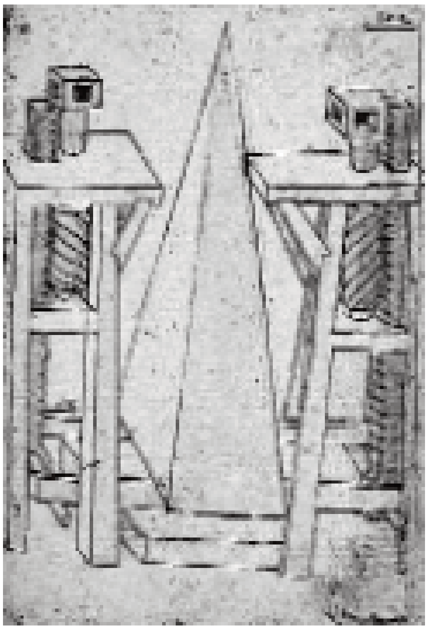


1.

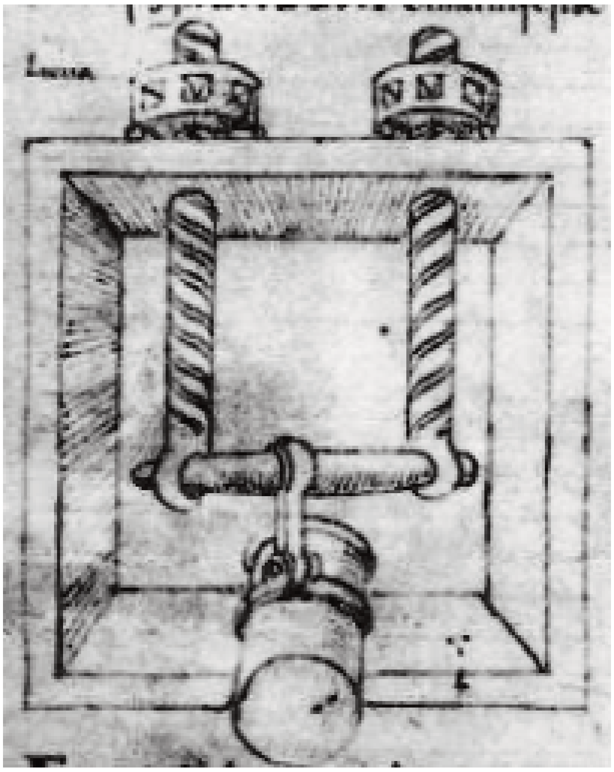
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 34r; 2. Affresco di provenienza pompeiana raffigurante un torchio a doppia vite, Napoli, MANN, inv. 9774; 3. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 122r; 4. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano fol. 49v, dett.; 5. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 214.*



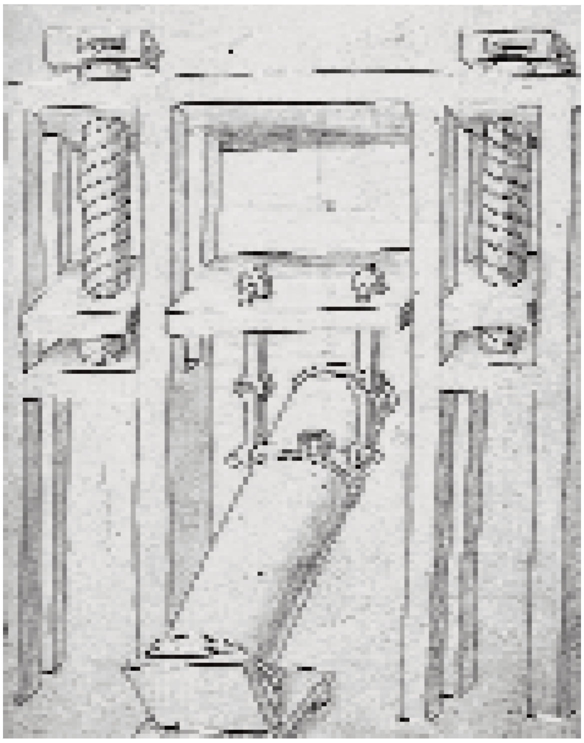
2.



3.



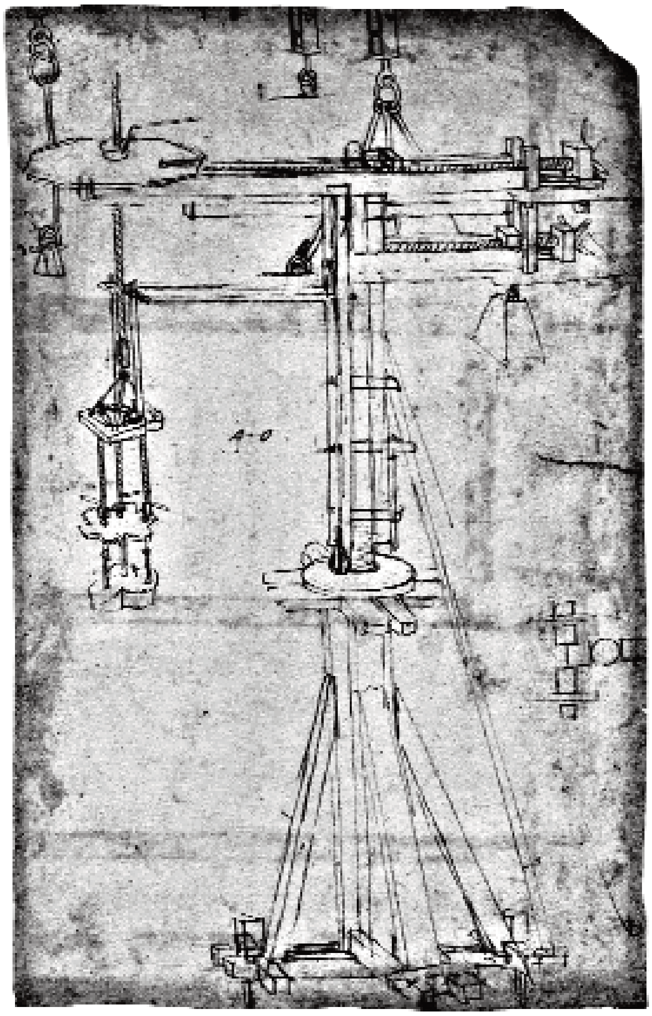
4.



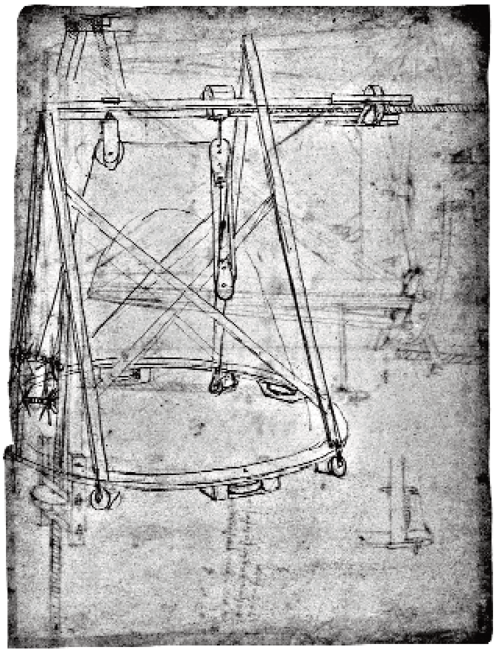
5.

1.5 Gru girevole

Le cupole delle cattedrali richiesero l'innalzamento dei materiali ed il loro smistamento alle varie sezioni del cantiere. Le gru, pertanto, dovevano essere girevoli e disporre di un discreto braccio. Leonardo ne propone un esemplare in più disegni, che è però la gru progettata e costruita dal Brunelleschi. La sua funzionalità unita alla semplicità formale ne incentivò la diffusione come attestano i disegni del Taccola, di Francesco di Giorgio nonché del Sangallo, sempre senza apprezzabili differenze. In seguito il modello venne perfezionato ulteriormente originando quella che viene ricordata come la seconda gru girevole del Brunelleschi, alla quale arrise lo stesso successo della prima.

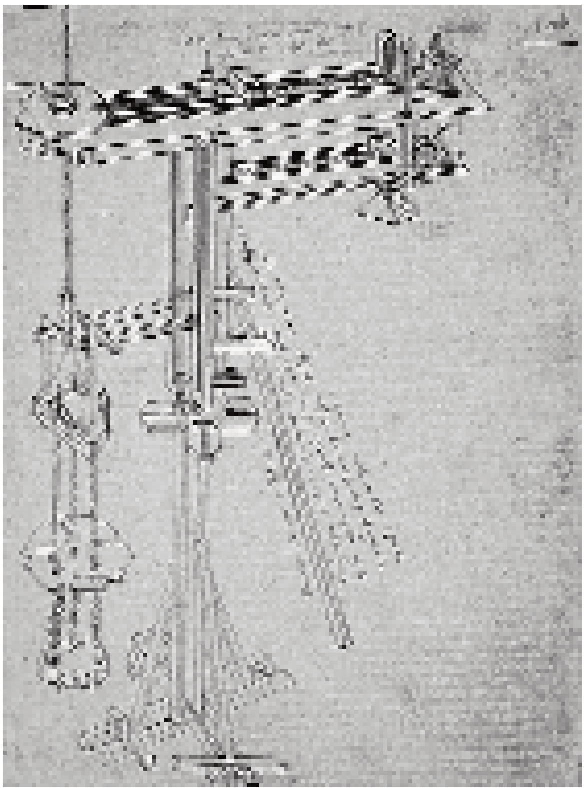


1.

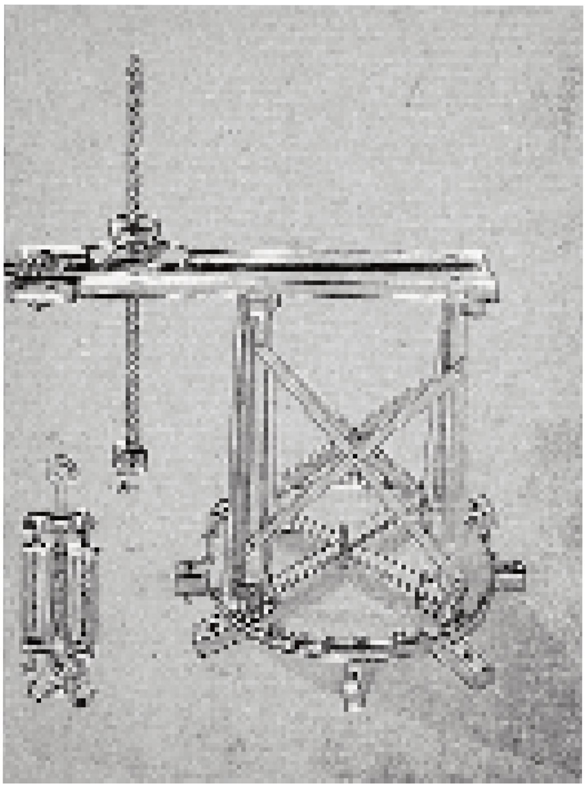


2.

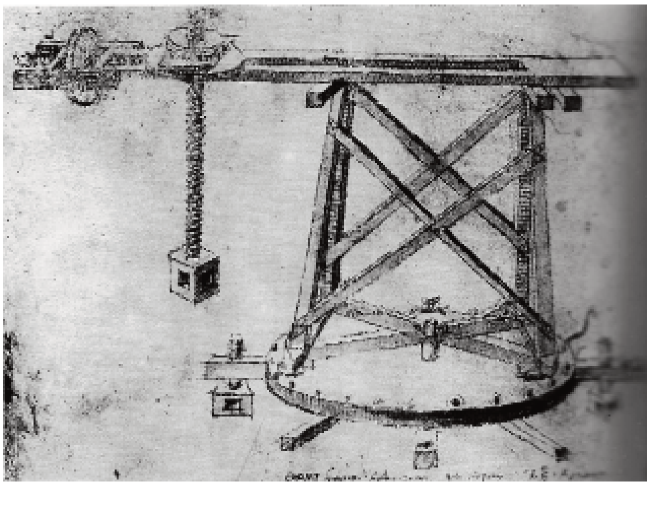
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 965r; 2. Idem, fol. 808r; 3. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 106r; 4. Idem, fol. 104r; 5. Giuliano da Sangallo, Ms. S.IV.8 (BCS), fol. 12r; 6. Philipp Mönch, Palatino Germanica 126, fol.17r.*



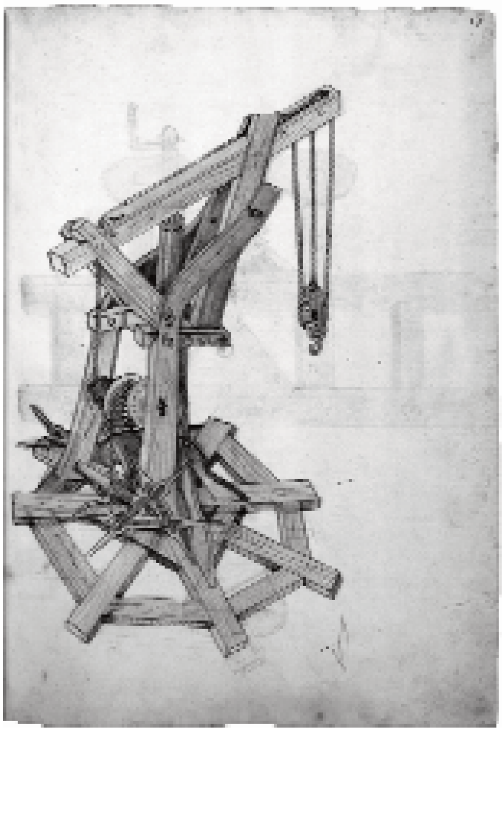
3.



4.



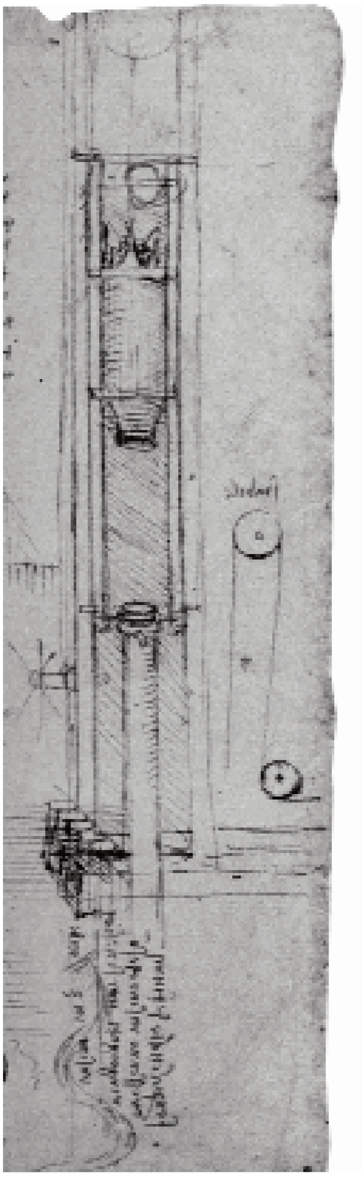
5.



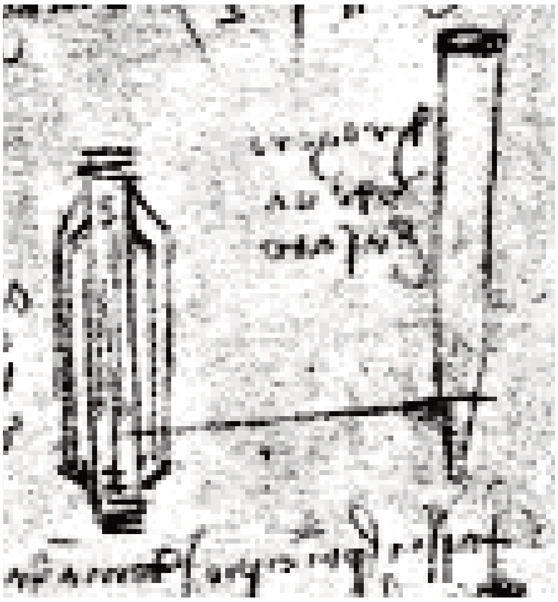
6.

1.6 Battipalo

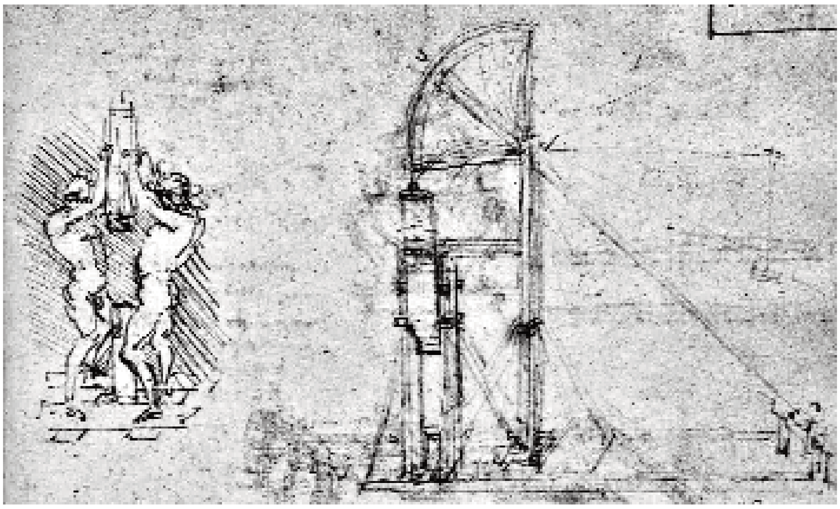
Il battipalo era una macchina destinata a conficcare pali di legno appuntiti nel terreno: un gigantesco martello battente degli enormi chiodi! Poteva essere terrestre o galleggiante a seconda dell'ambito d'impiego e ne esistevano pure dei modelli maneschi, molto più piccoli, notissimi nel delta del Po e a Venezia. La palificazione consentiva le fondazioni su terreni cedevoli o sottacqua. Il primo a descriverlo fu Giulio Cesare in merito al ponte sul Reno da lui fatto costruire. Ne derivarono molte raffigurazioni, fra le quali quella del Palladio e di Leonardo, che ne diede un'interpretazione artistica non diversa nella sostanza dalle altre precedenti.



1.

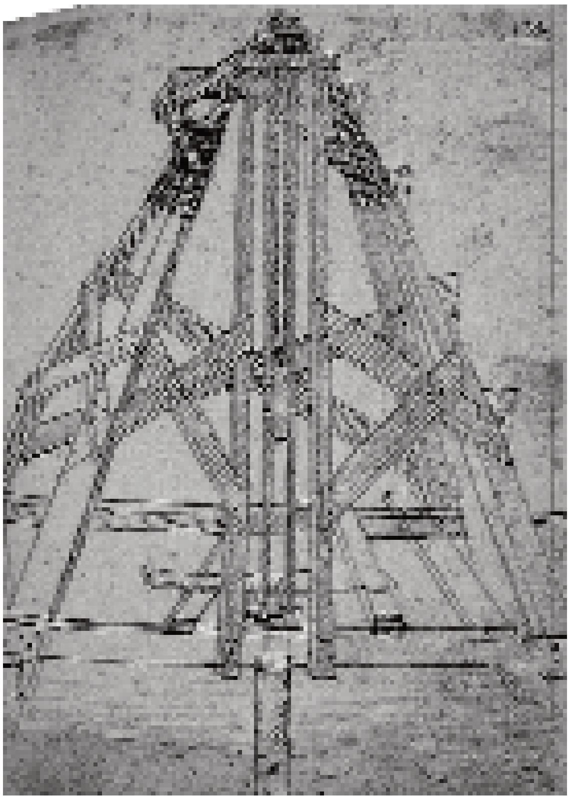


2.

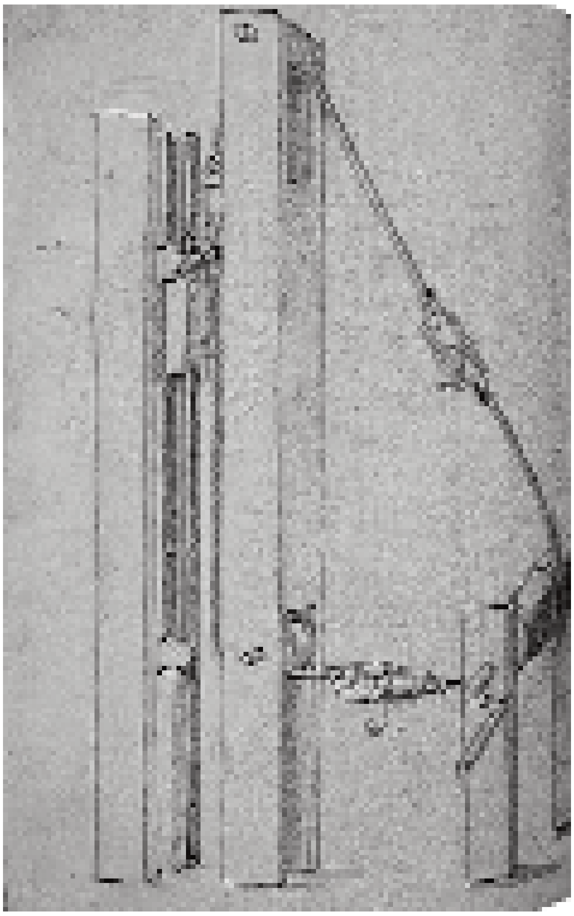


3.

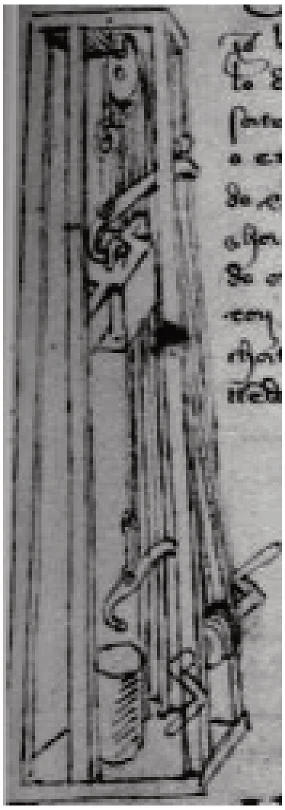
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 785r, dett.; 2. Idem, fol. 953r, dett.; 3. Idem, Ms. B, fol. 70r, dett.; 4. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 132r; 5. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF) f. 150; 6. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano fol. 49r, dett.; 7. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 132v; 8. Stampa ottocentesca che mostra l'utilizzo del battipalo manesco.*



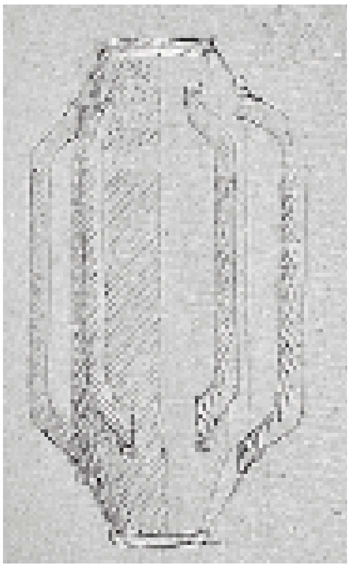
4.



5.



6.



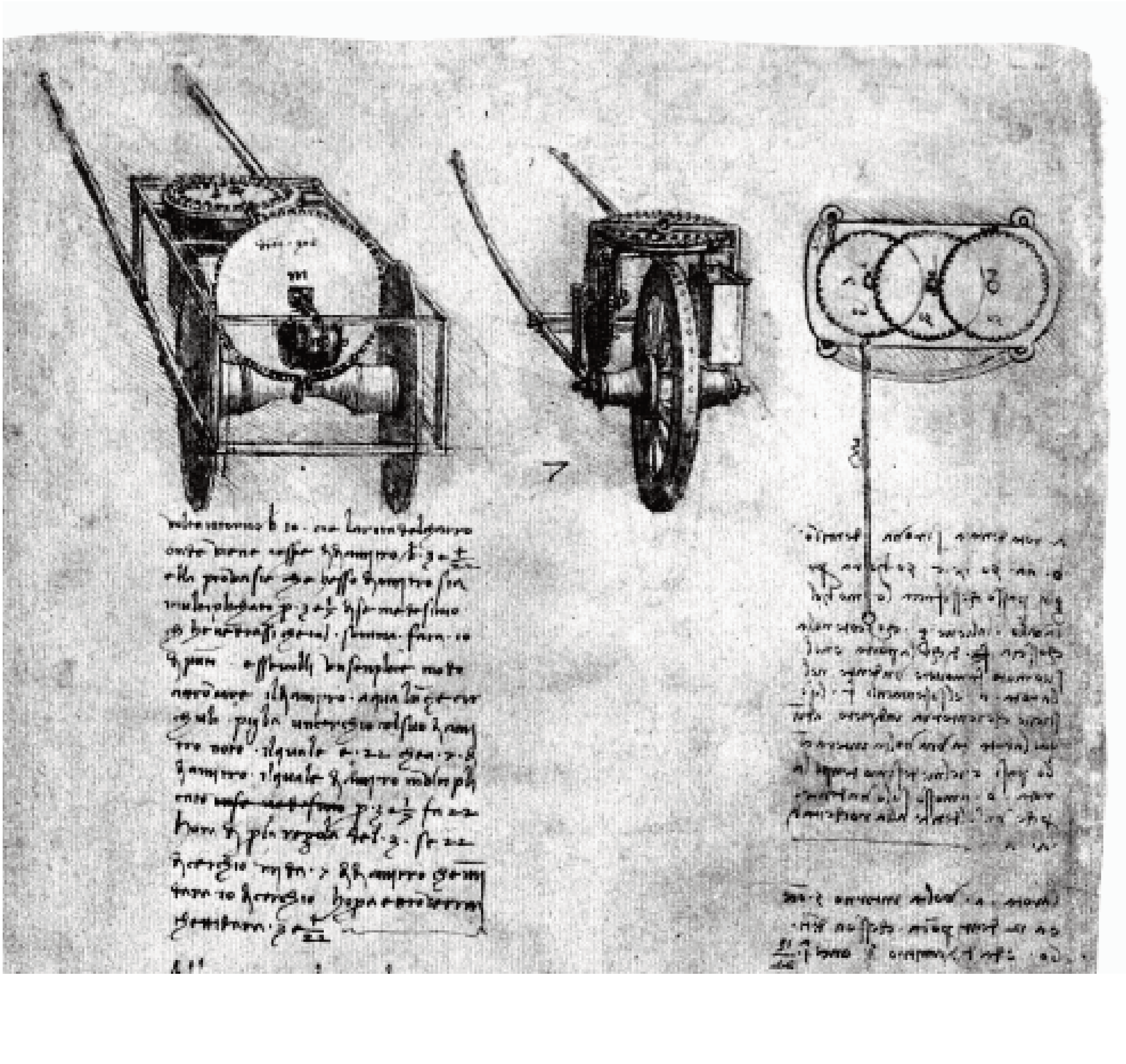
7.

8.

2. STRUMENTI DI MISURA LINEARI, ANGOLARI, TEMPORALI

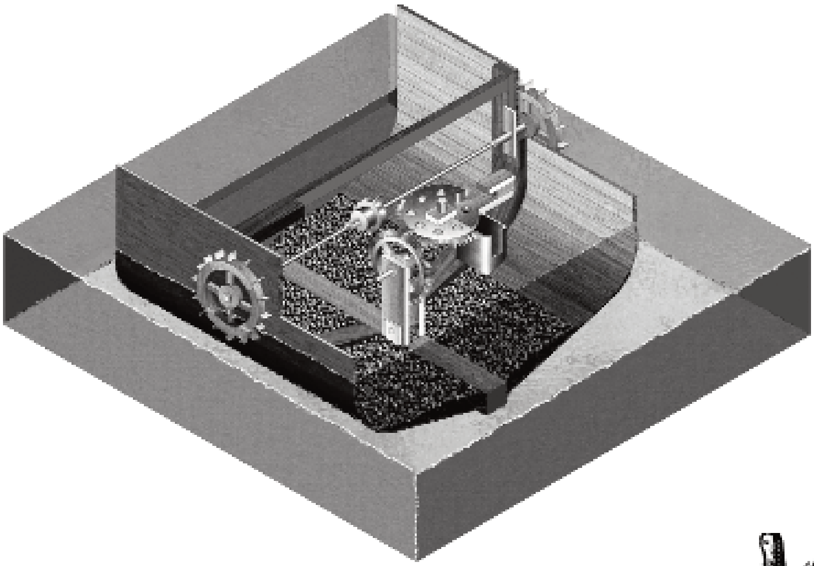
2.1 Odometro

L’odometro è l’antica denominazione del nostro contachilometri: dai giri effettuati da una ruota, calcola la distanza percorsa. Leonardo lo apprese dalla lettura di Vitruvio, eseguendone un suggestivo disegno con due varianti. Prima di lui, però, già Erone si era cimentato con il medesimo congegno, progettandone un modello molto più avanzato a lettura analogica continua.

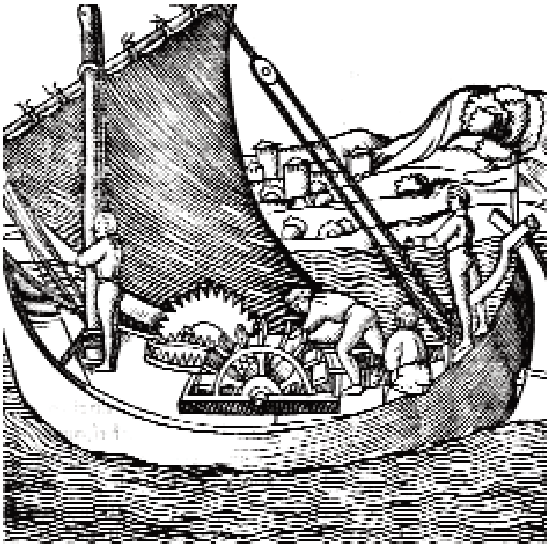


1.

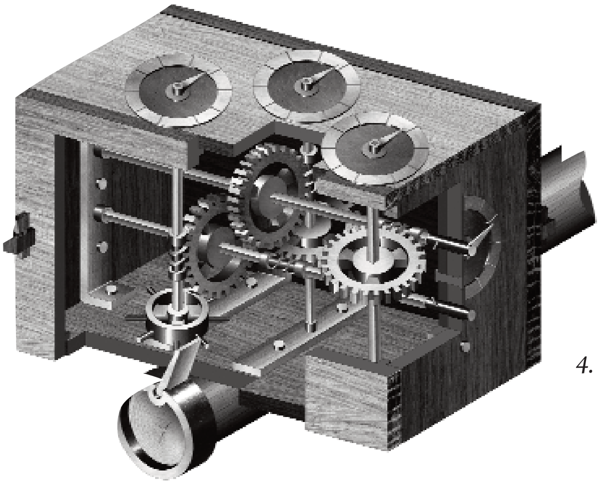
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 1r, dett.; 2. Ricostruzione virtuale del contamiglia navale di Vitruvio; 3.-5. Raffigurazioni di odometro navale e terrestre tratte da Vitruvio, De Architectura, Napoli, BN Vitt. Emanuele III, S.Q. LVI.C.16; 4. Ricostruzione virtuale dell’odometro descritto da Vitruvio.*



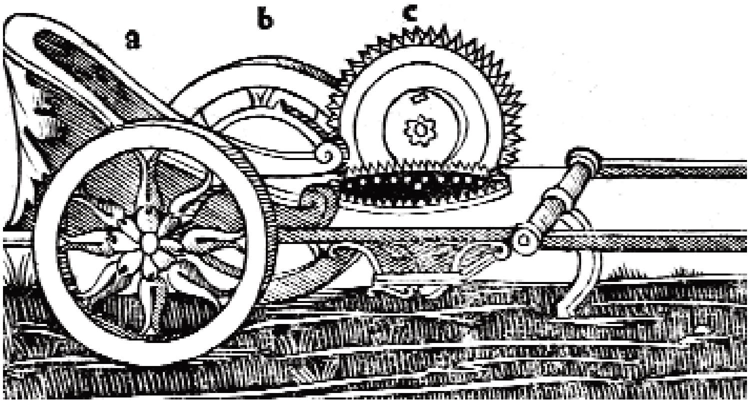
2.



3.



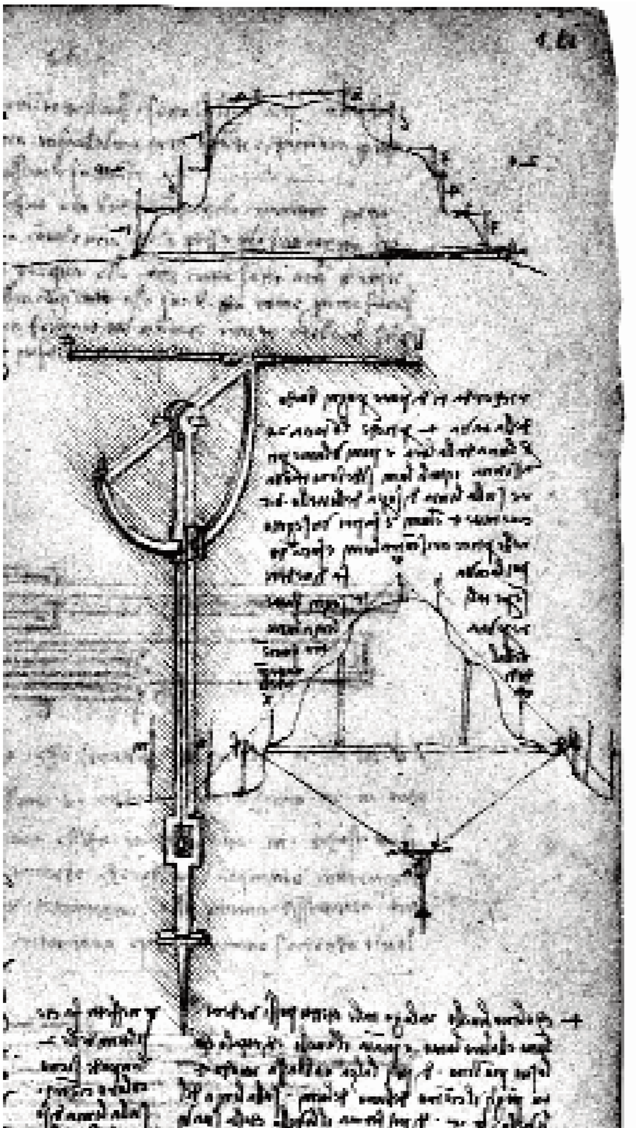
4.



5.

2.2 Goniometro

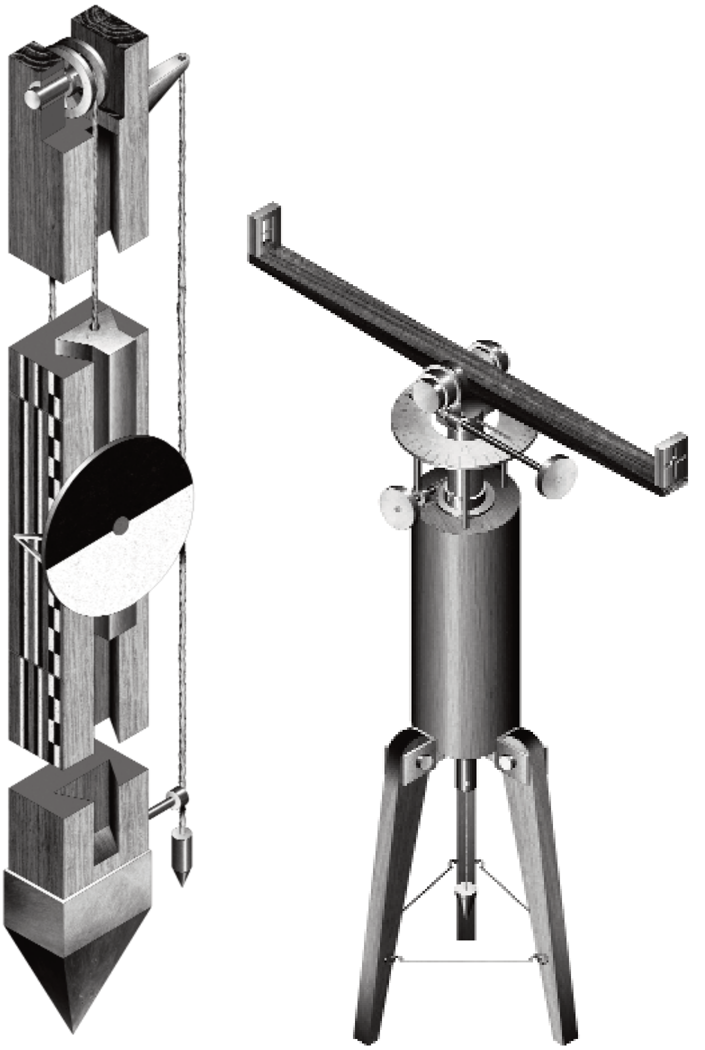
Leonardo in più circostanze raffigura uno strumento topografico costituito da un cerchio goniometrico e da un'alidada. Poteva essere impiegato sia per la misura di angoli verticali che orizzontali, come vari disegni di tanti suoi predecessori confermano. In linea di massima si può considerare una semplificazione della diottra di Erone, che disponeva pure di una stadia per le misure telemetriche.



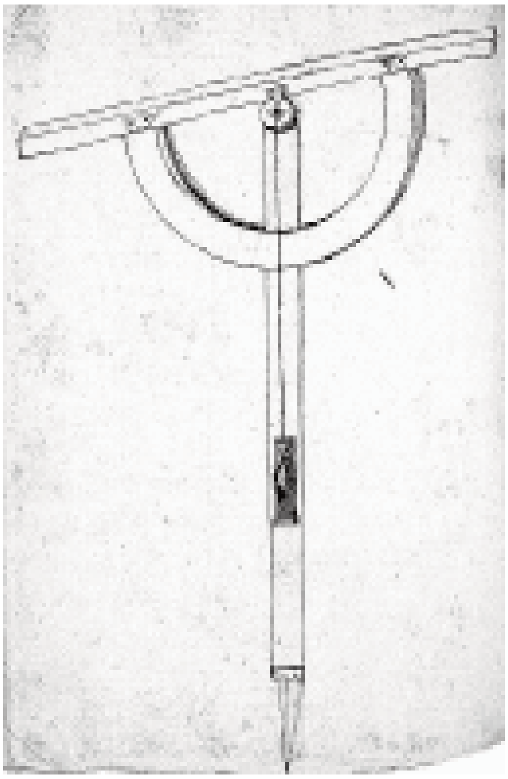
1.

2.

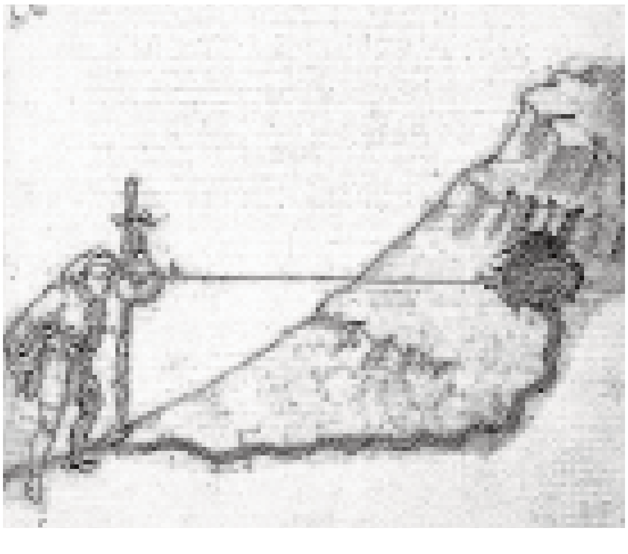
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 111r, dett.; 2. Idem, fol. 32r, dett.; 3. Ricostruzioni virtuali della stadia e della diottra, così come descritte da Erone nel I sec. d.C; 4. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 117v; 5. Mariano Taccola, Palatino 766 (BNCF), fol. 31r; 6. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano fol. 31v, dett..*



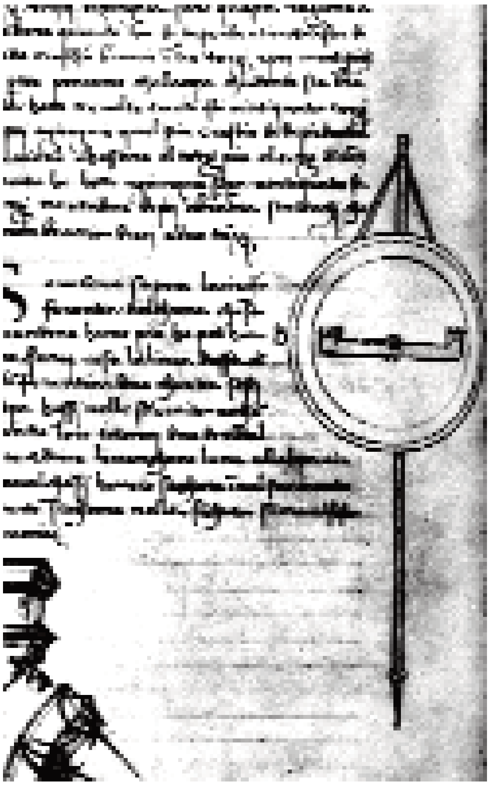
3.



4.



5.

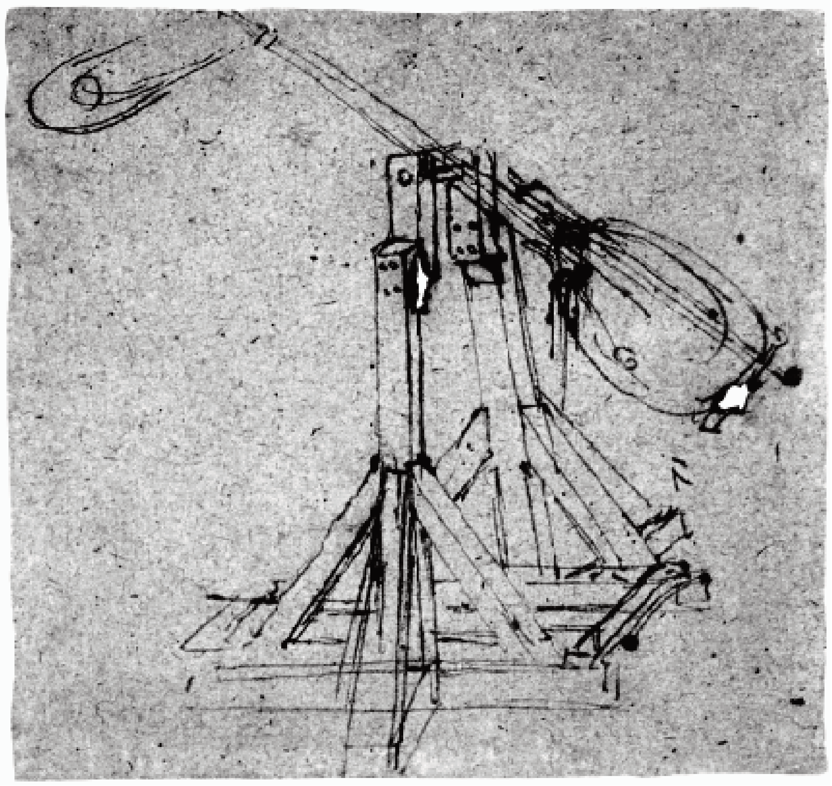


6.

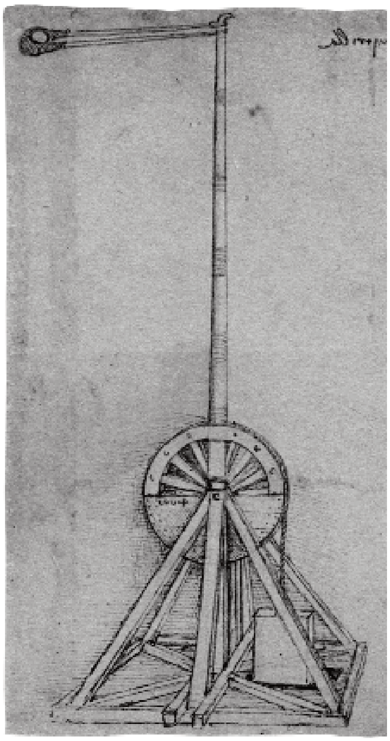
3. MACCHINE DA GUERRA

3.1 Artiglieria a gravità: il trabucco

Il trabucco, o mangano dal punto di vista balistico, è considerato la più potente artiglieria meccanica dell'antichità. Funzionava a contrappeso, ed era talmente potente da restare in uso ancora per quasi due secoli, nonostante l'avvento ed il perfezionamento delle artiglierie a polvere. Anche Leonardo si cimentò con la sua raffigurazione, al pari di tutti i tecnici del periodo precedente, senza modificarne in alcun modo le caratteristiche.



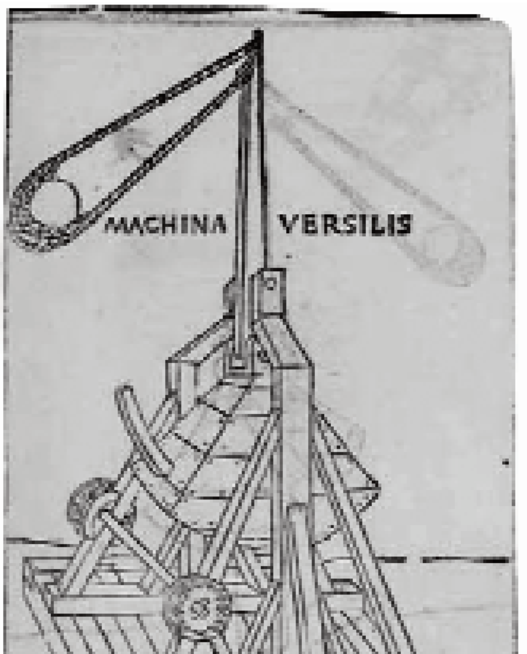
1.



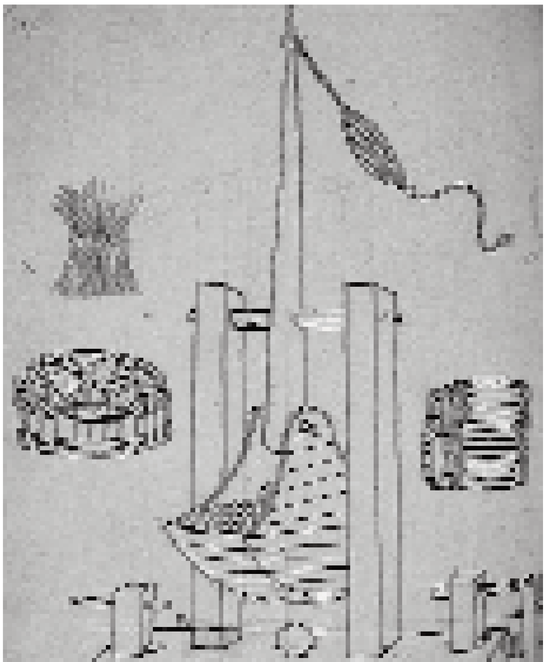
2.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 900; 2. Idem, fol. 160r, dett.; 3. Ricostruzione di un trabucco medievale; 4. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 451; 5. Marianto Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 128.*

3.



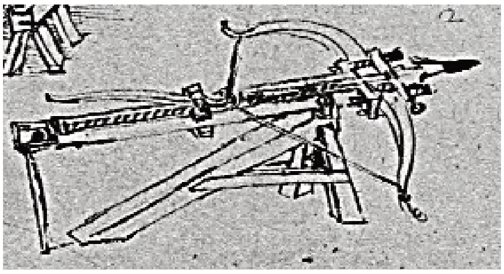
4.



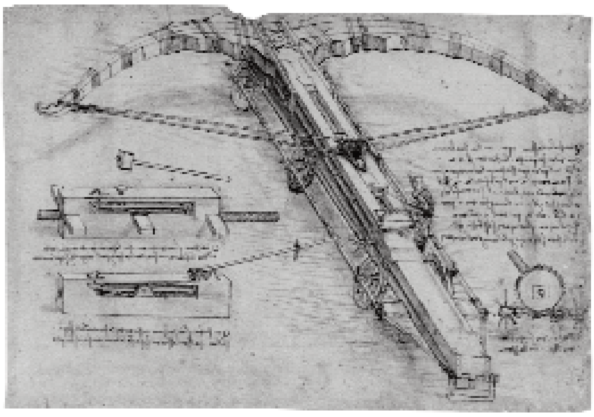
5.

3.2 Artiglieria a flessione a corda

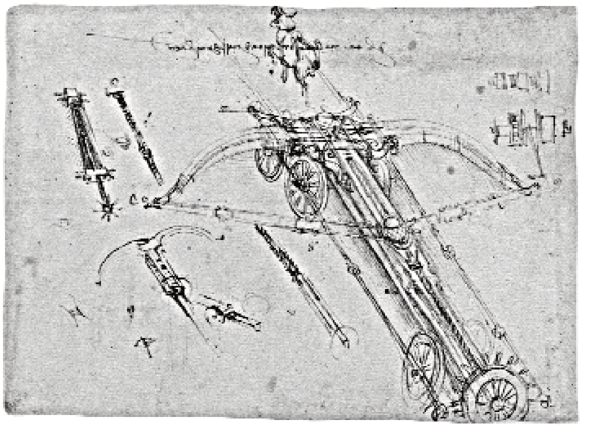
A partire dagli inizi del IV secolo a.C., i Greci misero a punto le prime artiglierie elastiche realmente efficaci della storia. Fautore della vicenda, stando alla tradizione, fu il tiranno di Siracusa Dionisio il Vecchio: l'arma ebbe, per grandi linee, inizialmente la connotazione di una balestra. In breve tempo crebbe per potenza e dimensioni: ebbe perciò un affusto a tre piedi ed un verricello per il caricamento, senza abbandonare il grande arco propulsivo. Leonardo la ripropose in varie grandezze, senza mutare la connotazione già descritta da Bitone e da Filone di Bisanzio nel II sec. a.C.



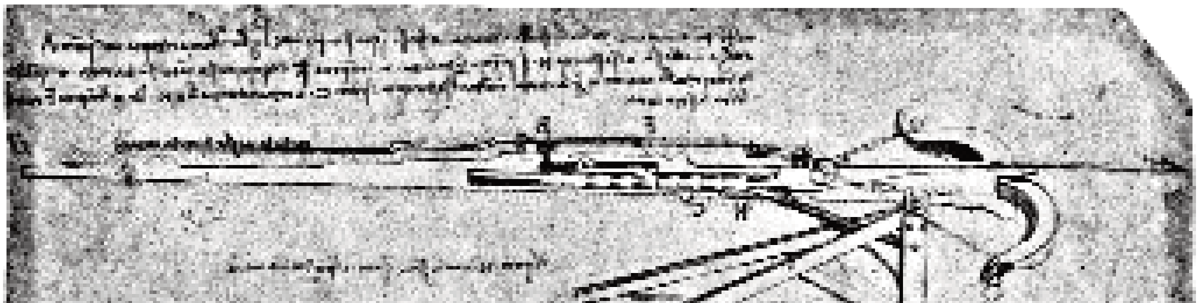
1.



2.

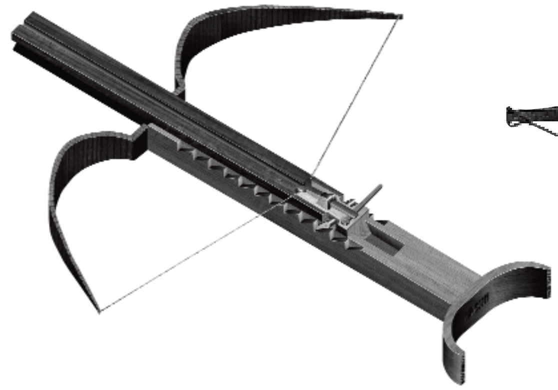


3.



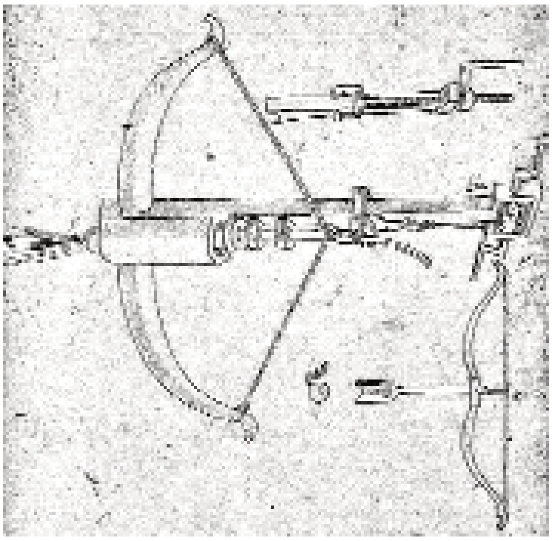
4.

Riferimenti iconografici: *1.-2. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 149r, dett.; 3. Idem, fol. 147v, dett.; 4. Idem, fol. 142r; 5-6. Ricostruzioni virtuali del gastrafete manesco realizzato all'epoca di Dionisio il Vecchio e di una catapulta di Zopiro; 7. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 200r; 8. Anonimo della guerra Ussita, fol. 40r;*

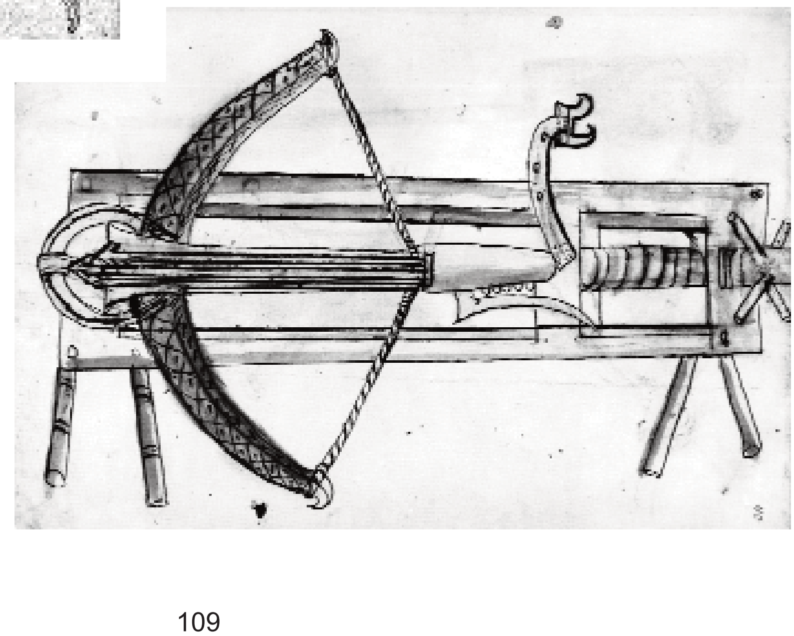


5.

6.



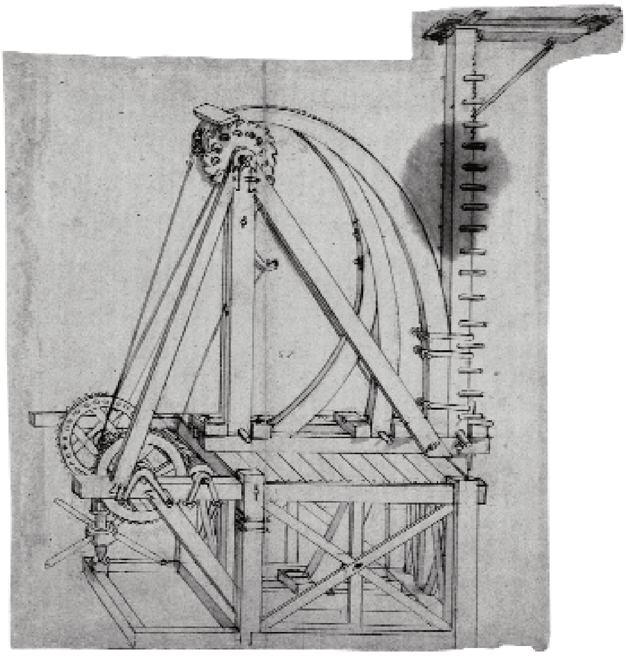
7.



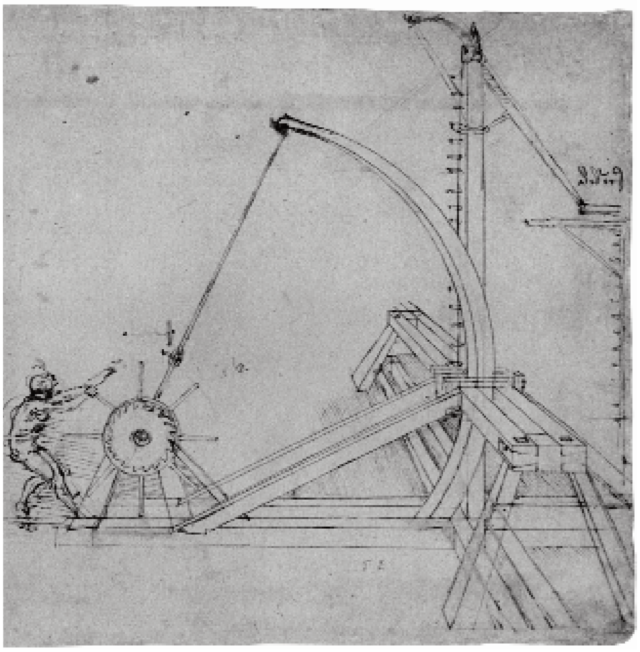
8.

3.3 Artiglieria a flessione ad impulso

Gli antichi compresero in breve tempo che per scagliare proietti maggiori a maggiore distanza la deformazione elastica per flessione non era sufficiente. Ai tecnici tardo-medievali, invece, sembrò che un fusto d'albero piegato, raddrizzandosi fosse in grado di fornire l'impulso necessario al lancio. Ipotesi velleitaria che pur non trovando applicazione pratica compare sia nei disegni di Leonardo che dei suoi predecessori.

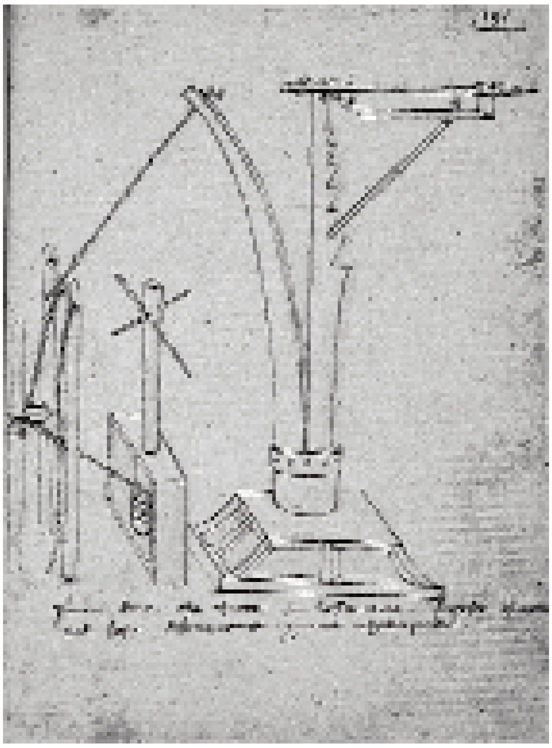


2.

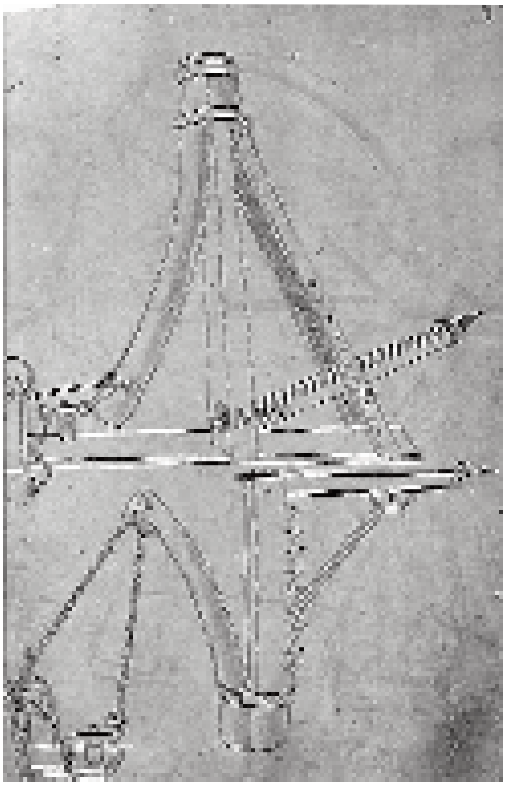


1.

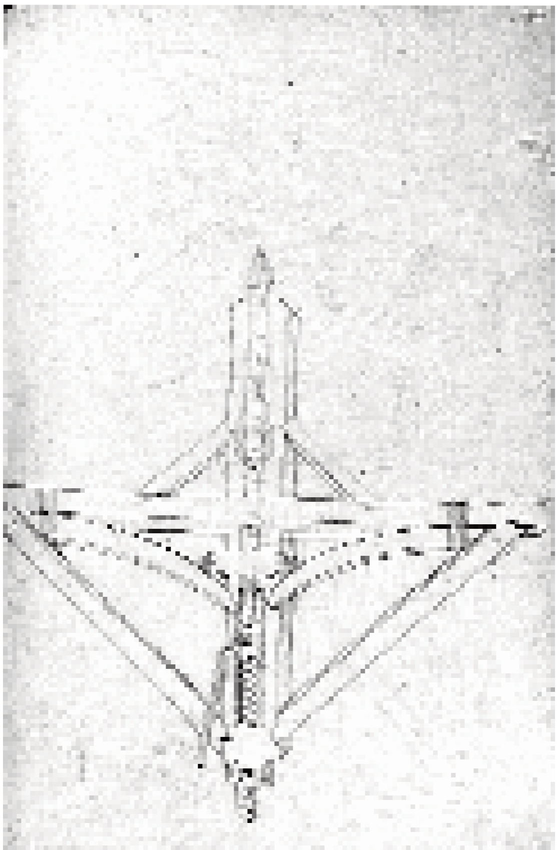
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 141r; 2. Idem, fol. 181r; 3. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 191r; 4. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 125; 5. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 200r; 6. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 401.*



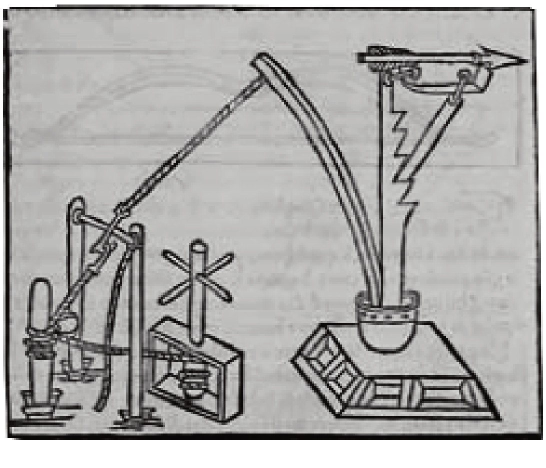
3.



4.



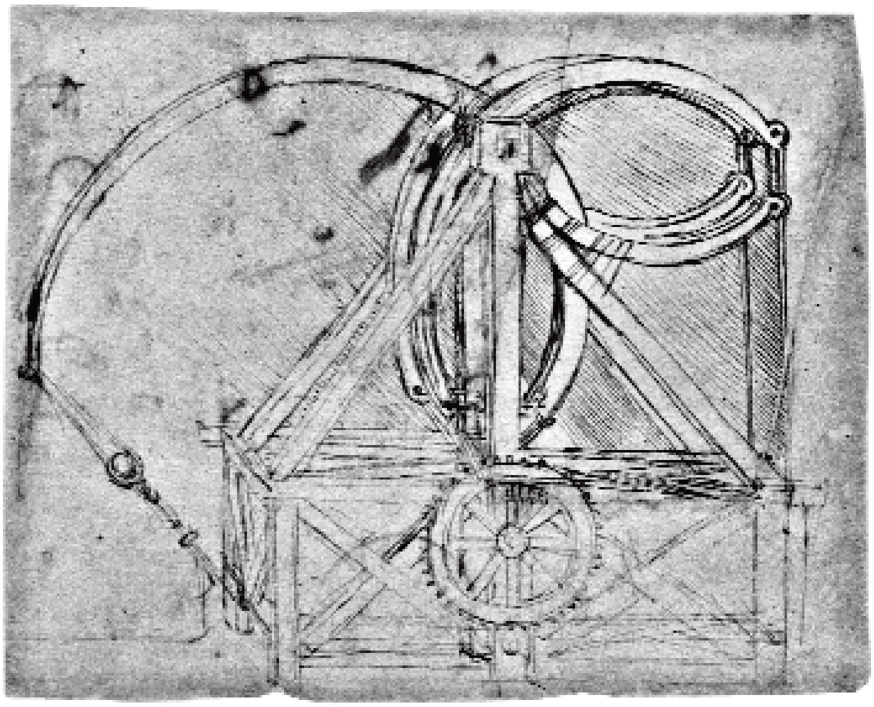
5.



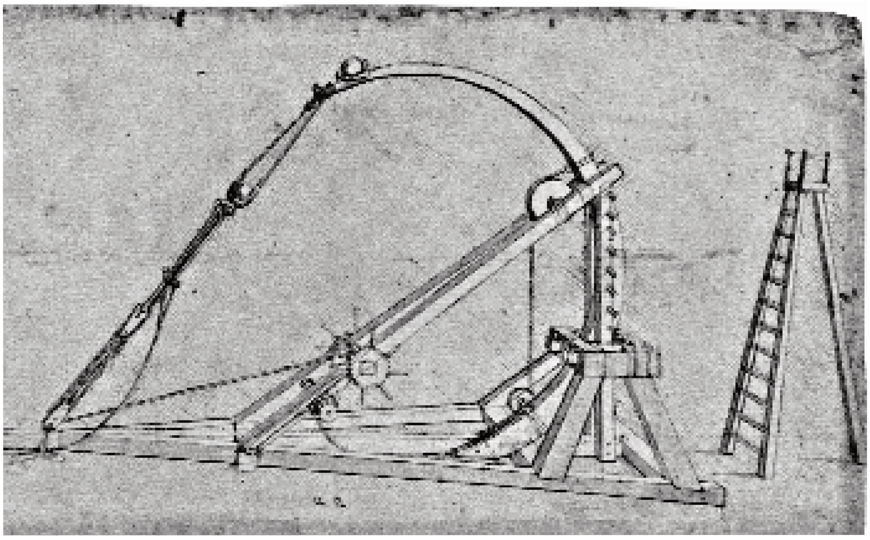
6.

3.4 Artiglieria a flessione a fionda

Per le fonti i Romani impiegarono sistematicamente l'artiglieria a braccio unico con fionda per il proietto, archetipo della catapulta medievale. Quanto alla fionda a sgancio automatico, sopravvisse nel trabucco e nel mangano. Nessuna meraviglia perciò che tutti i tecnici medievali abbinarono alla flessione del fusto d'albero anche l'adozione della fionda per il lancio del proietto, Leonardo compreso.

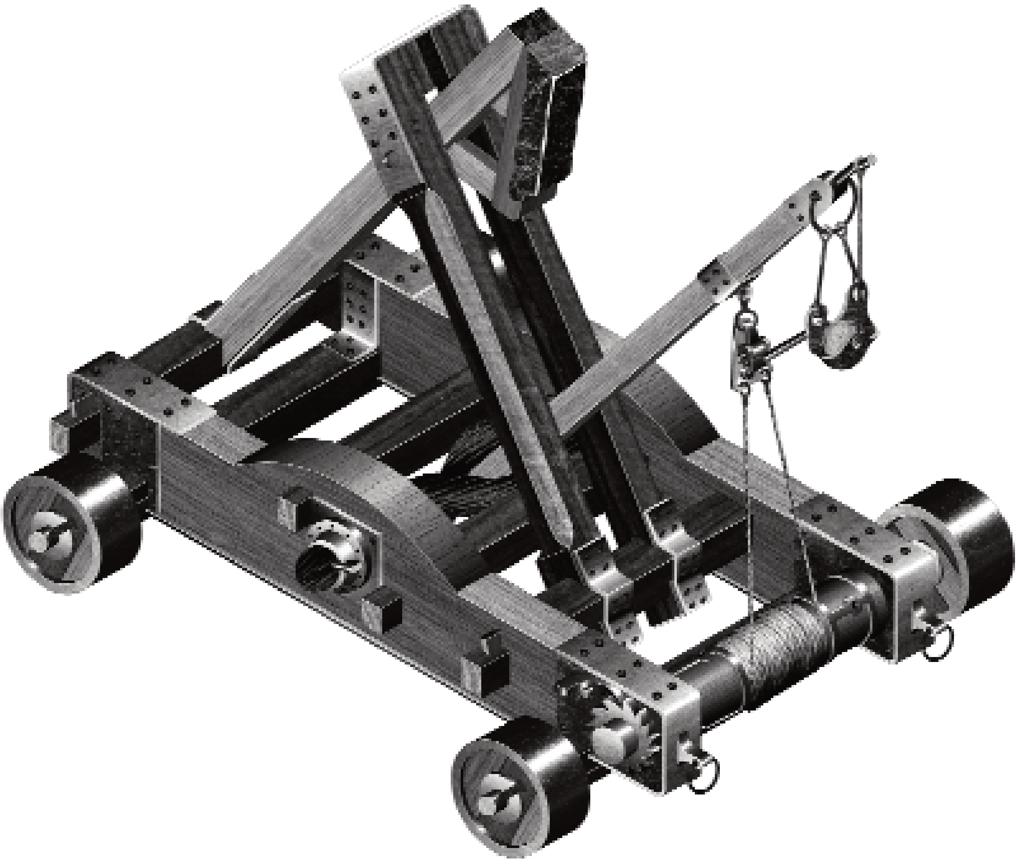


1.



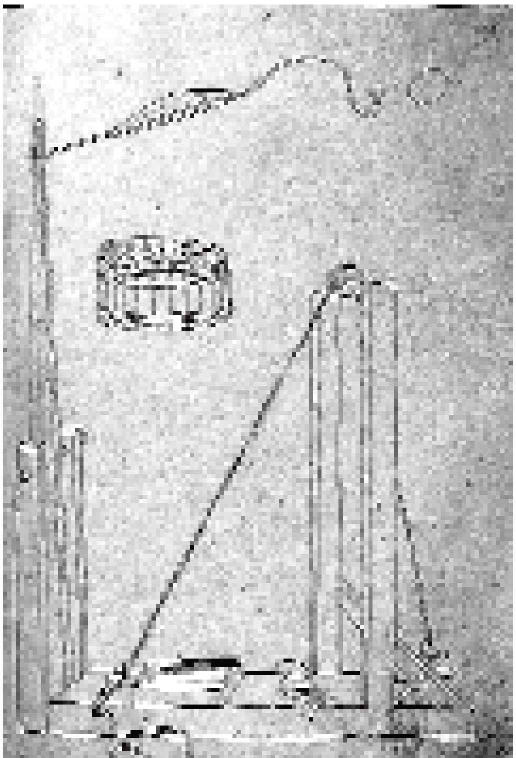
2.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 85r, dett.; 2. Idem, fol. 148r, dett.; 3. Ricostruzione virtuale di onagro romano di epoca imperiale, così come viene descritto da Ammiano Marcellino; 4. Fionda di trabucco medievale; 5. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 126.*



3.

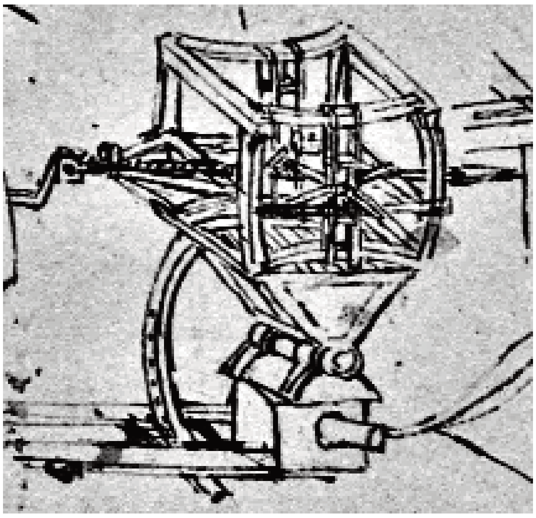
4.



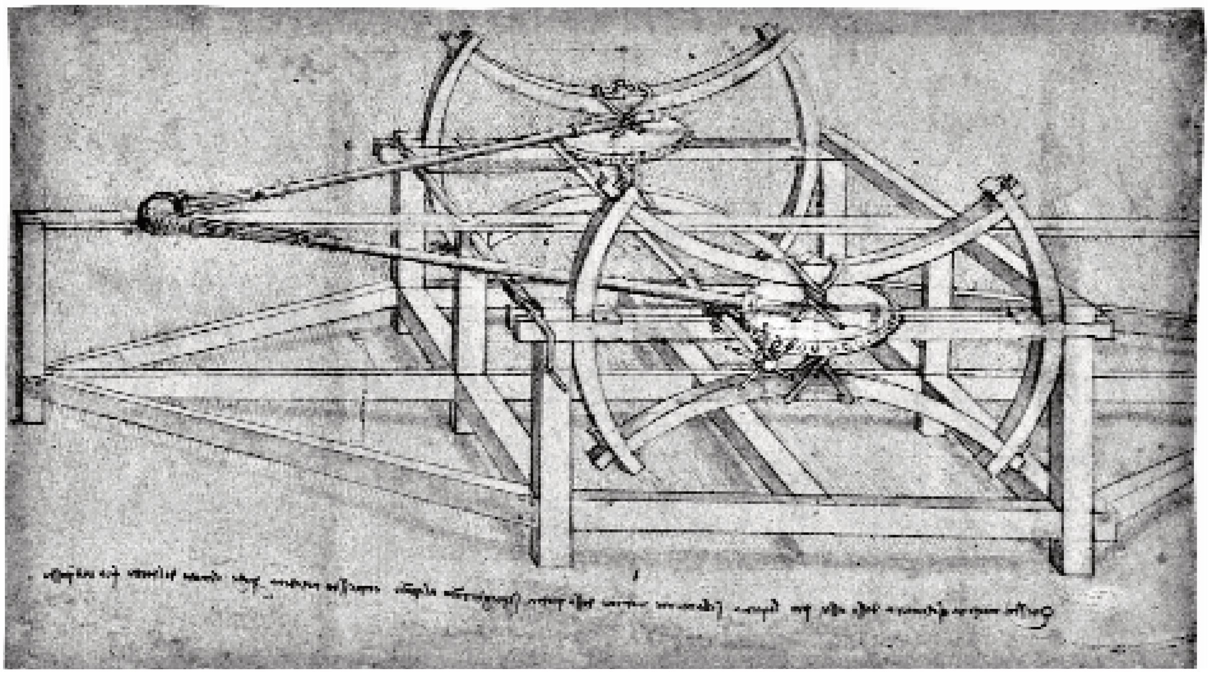
5.

3.5 Artiglieria elastica a torsione palintona

La scarsa potenza dalla deformazione a flessione fu superata impiegando quella a torsione. In pratica quella che si accumulava in una matassa di corde quando la si torceva fin quasi allo snervamento. Nel Medioevo se ne perse la memoria, soprattutto delle palintone, dal più alto rendimento energetico, nelle quali la rotazione dei bracci avveniva in senso inverso. Al massimo si giunse ad ipotizzarla confusamente come in alcuni schizzi di Leonardo e dei suoi predecessori.

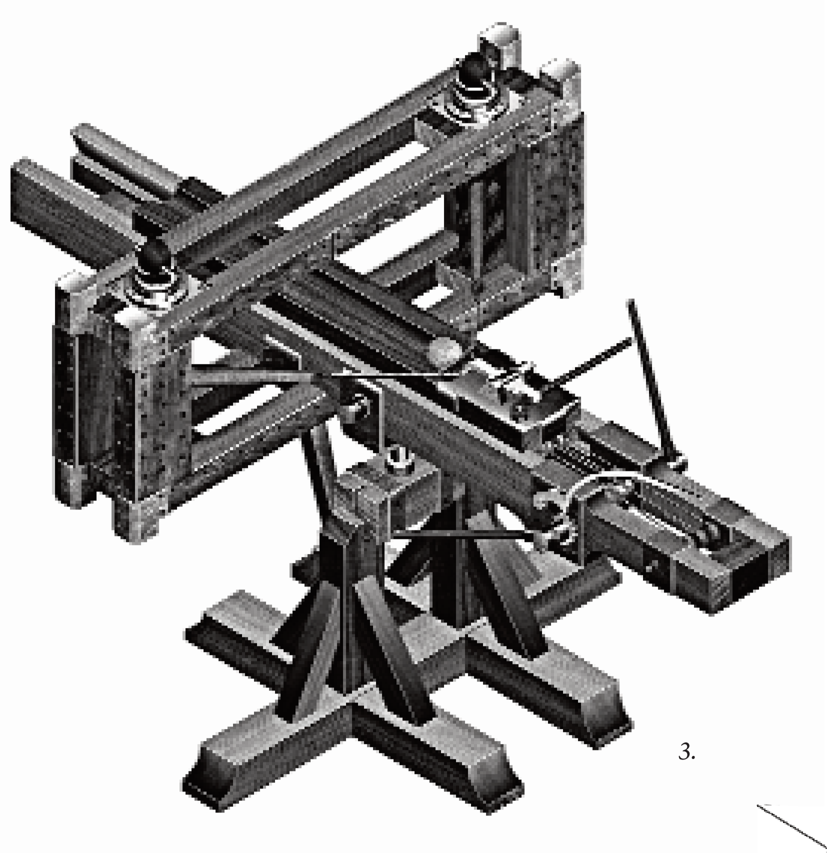


1.

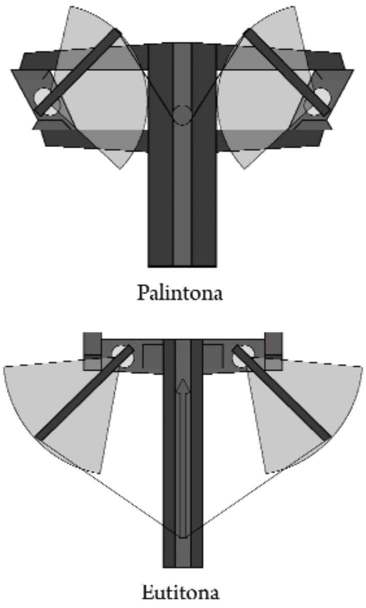


2.

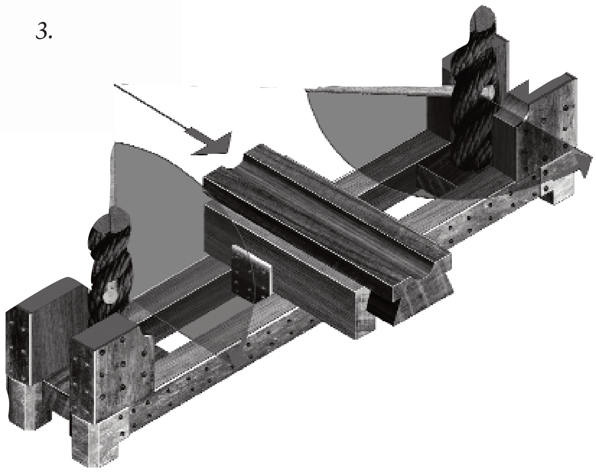
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 149r, dett.; 2. Idem, fol. 145r; 3. Ricostruzione virtuale della grande balista di epoca imperiale romana rinvenuta ad Hatra, in Iraq; 4. Raffronto schematico tra il sistema eutitone e palintone; 5. Schema del movimento inverso delle braccia della balista palintona di Hatra; 6. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 190v; 7. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 399.*



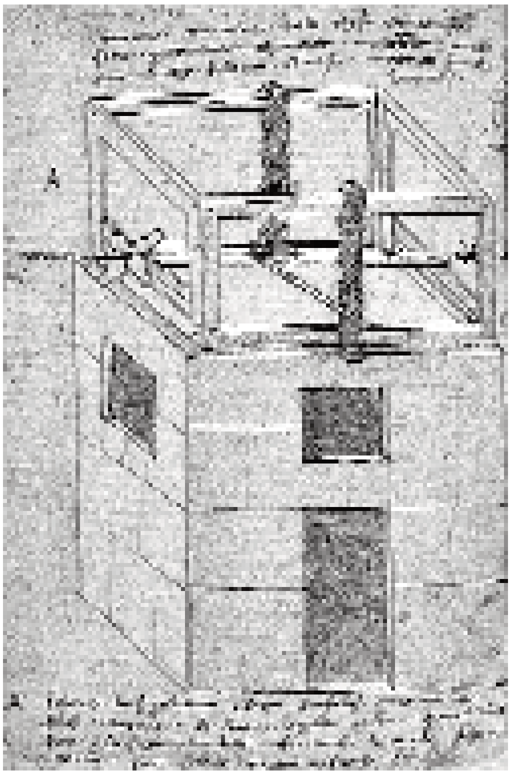
3.



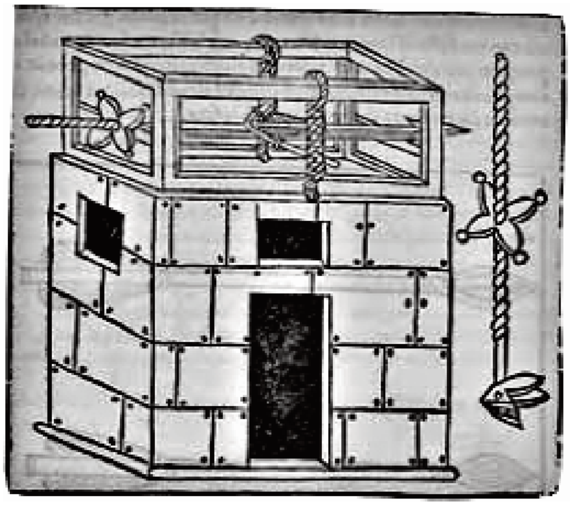
4.



5.



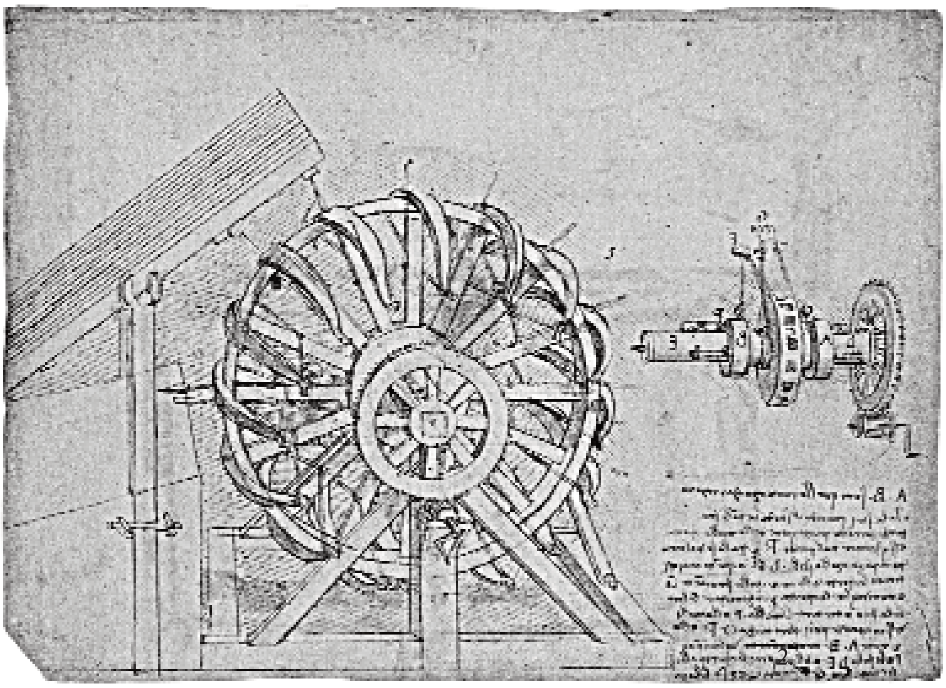
6.



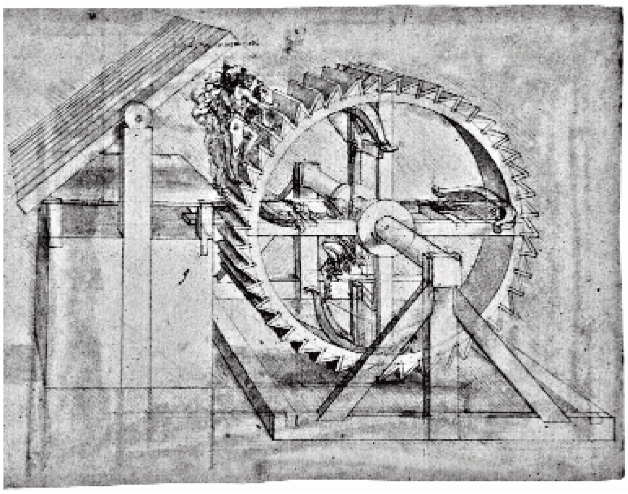
7.

3.6 Artiglieria a ripetizione

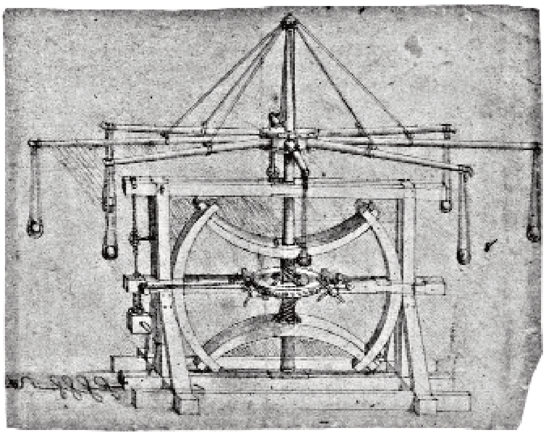
La forte aspirazione di Leonardo all'automazione, lo spinse, in base alla sola notizia dell'esistenza nel passato di lancia dardi a ripetizione, a tentarne una plausibile rievocazione. Ma ciò che prospettò, senza vantare predecessori od epigoni al riguardo, fu un mero esercizio grafico, risibile e anacronistico sotto il profilo balistico, ben diverso dalla catapulta a ripetizione di Dionisio d'Alessandria, dettagliatamente tramandataci da Filone di Bisanzio nella sua Belopoeica. In base ai suoi dati e rapporti di costruzione, se ne è potuta realizzare un'esatta replica virtuale e prima ancora anche materiale agli inizi del XX sec. ad opera del maggiore Erwin Schramm.



1.

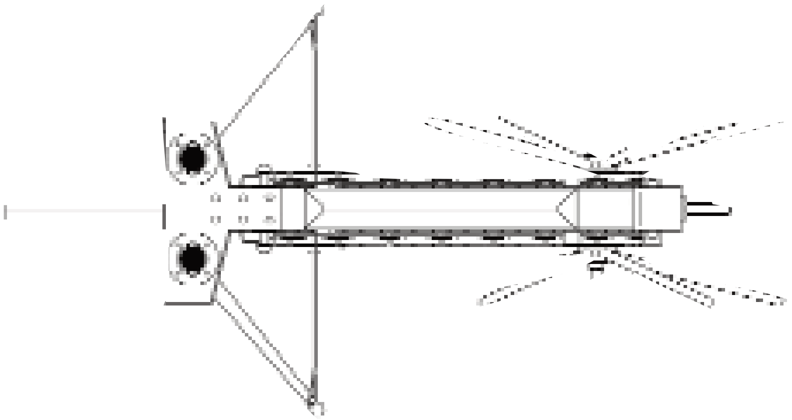


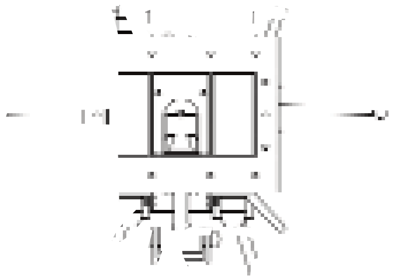
2.



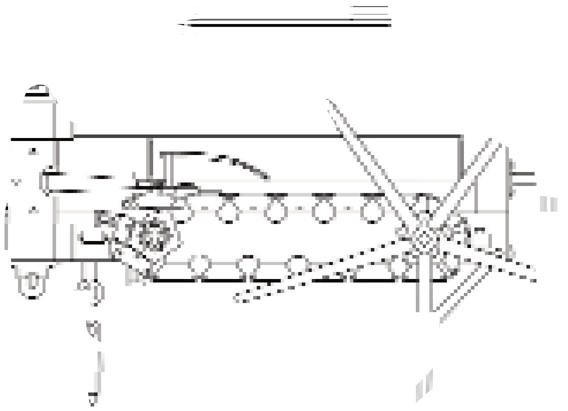
3.

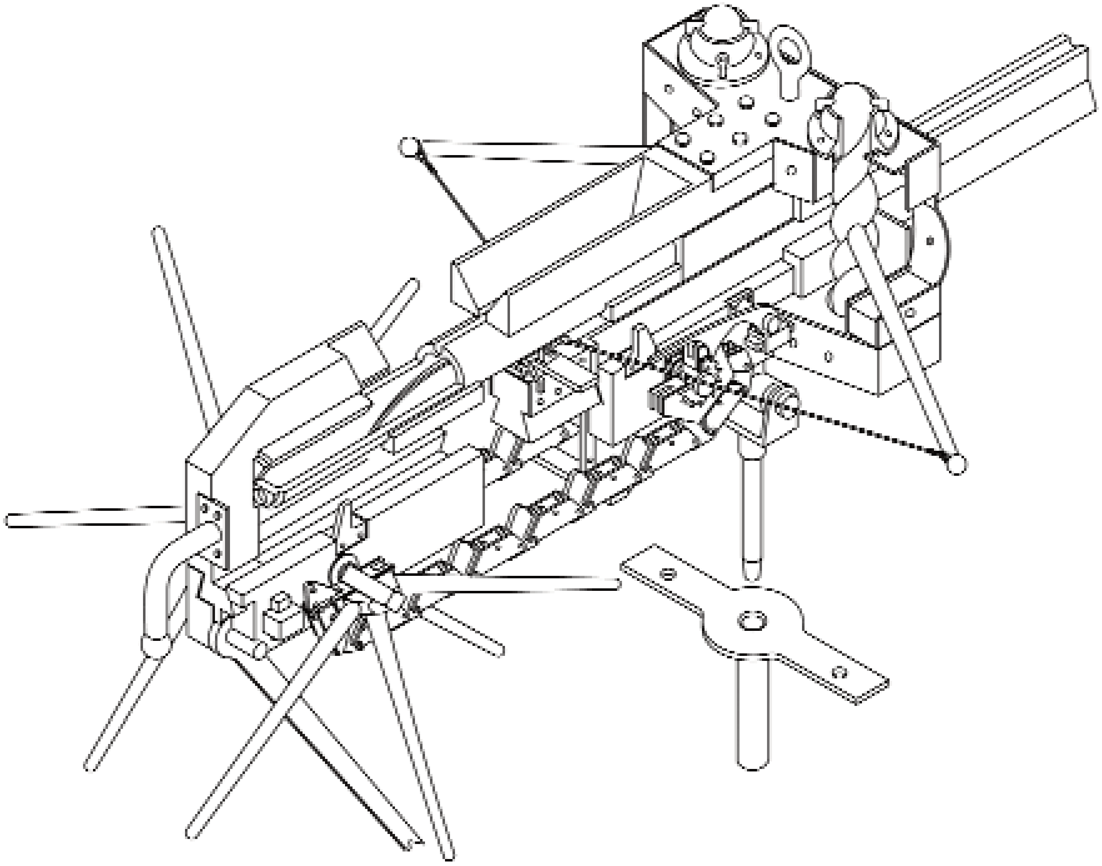
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 182r, dett.; 2. Idem, fol. 1070r; 3. Idem, fol. 159r, dett.; 4. Pianta, prospetti e ricostruzione tridimensionale della catapulta a ripetizione attribuita a Dionisio d'Alessandria, secondo i dati di Filone di Bisanzio.*





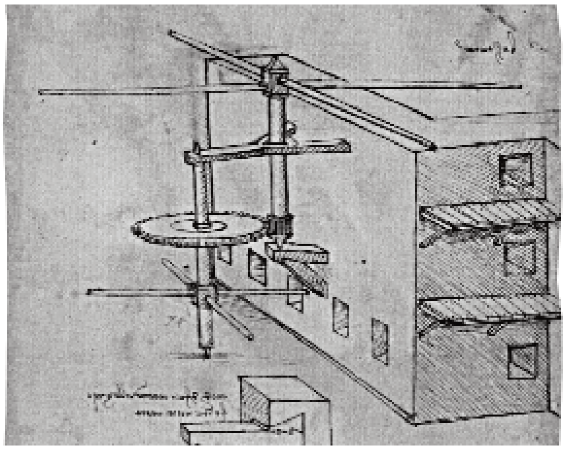
4.



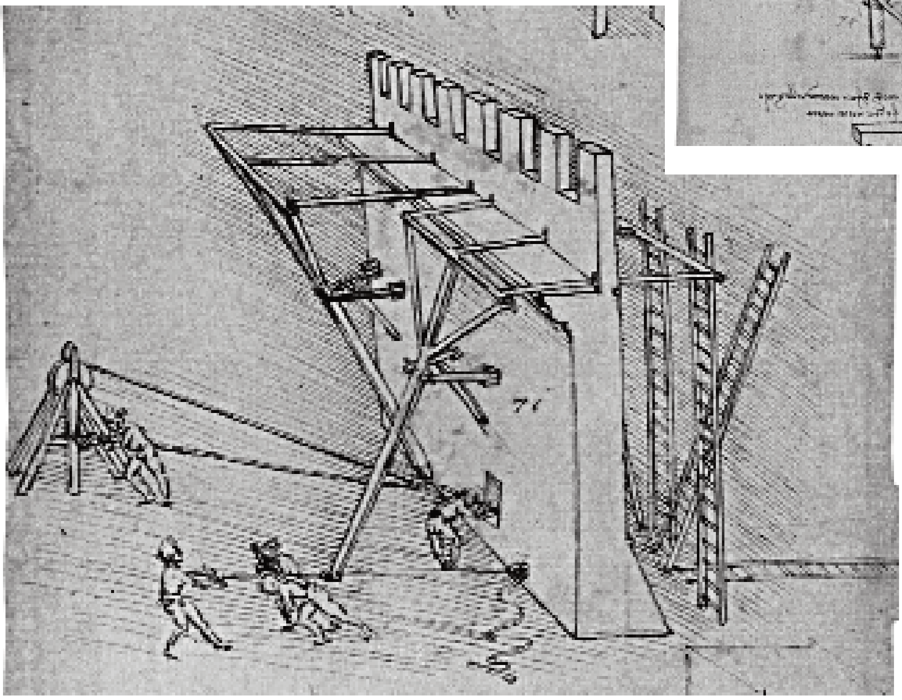


4. MACCHINE OSSIDIONALI INTERDITTIVE, ANTIMACCHINE E SCALA SEGRETA

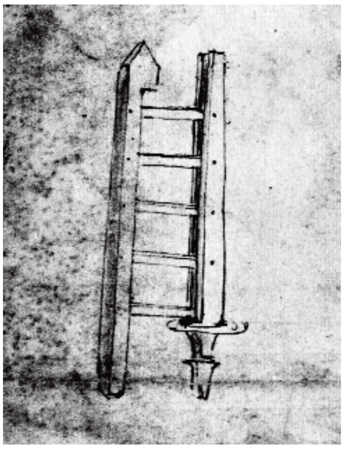
In Leonardo e nei suoi predecessori, si trovano velleitari abbatti-scale e spazza-spalti, in sostanza travi oscillanti o rotanti manovrate dal basso, per far cadere le scale d'assalto o per eliminare gli attaccanti giunti sugli spalti. Assurdi meccanicamente non ebbero mai concreta applicazione. Complemento per azioni insidiose, la cosiddetta scala segreta che compare in molti trattati: in linea di massima, chiusa si presentava come un palo pur contenendo al suo interno, ripiegati ed invisibili, gli scalini. Da qui la definizione di segreta.



2.

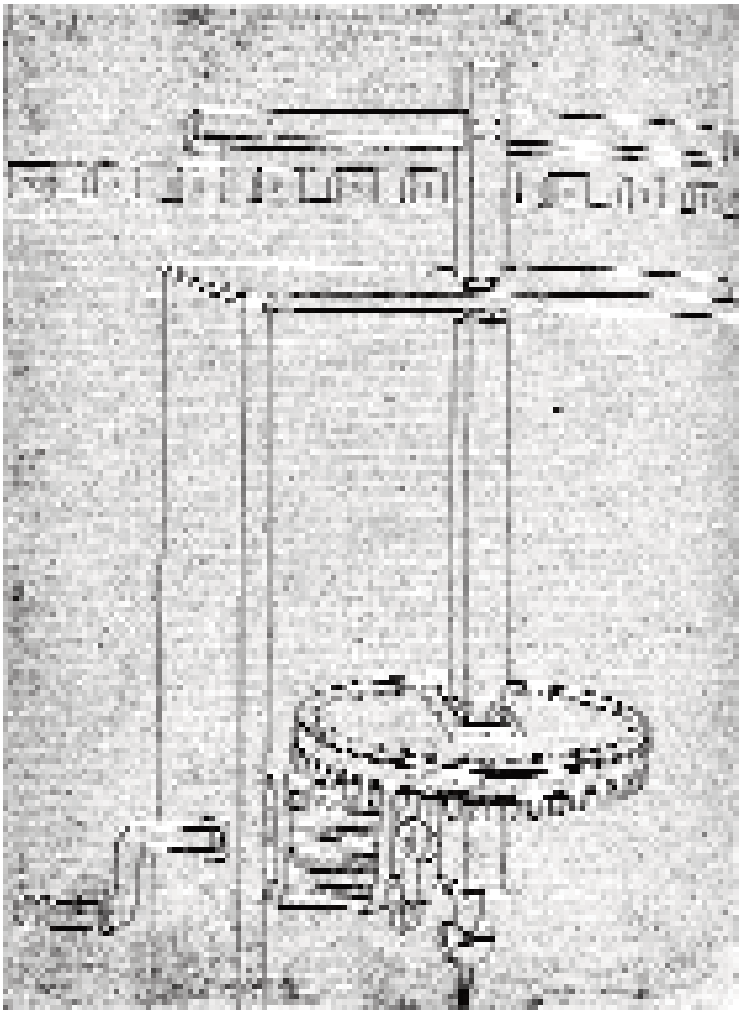


1.

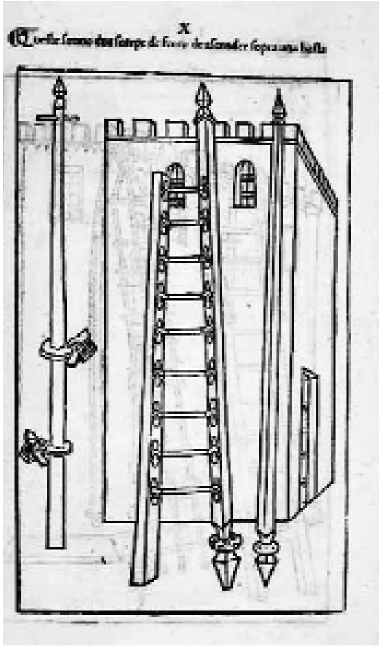


3.

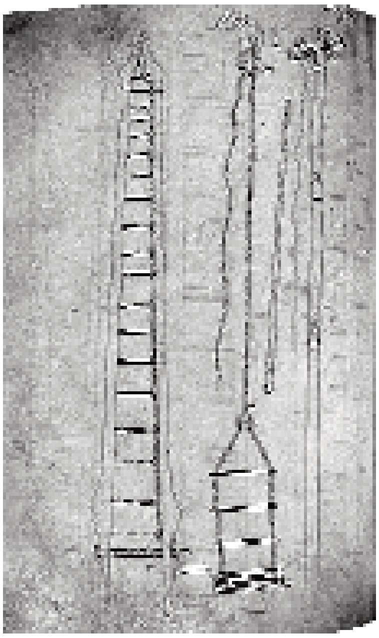
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 139r, dett.; 2. Idem, fol. 89r, dett.; 3. Idem, fol. 30v, dett.; 4. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 184v; 5. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 431; 6. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 108; 7. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 200r.*



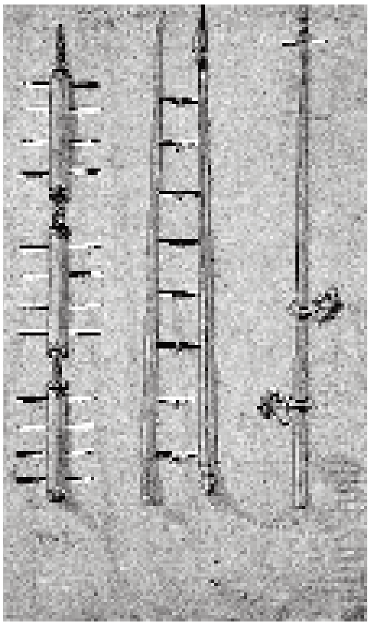
4.



5.



6.

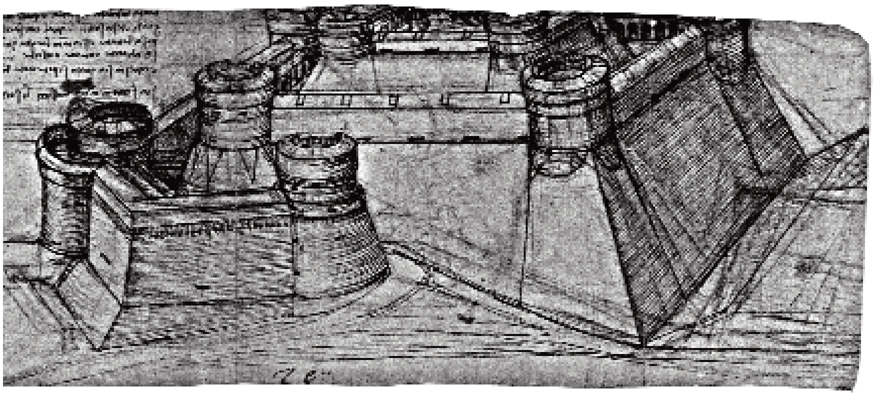


7.

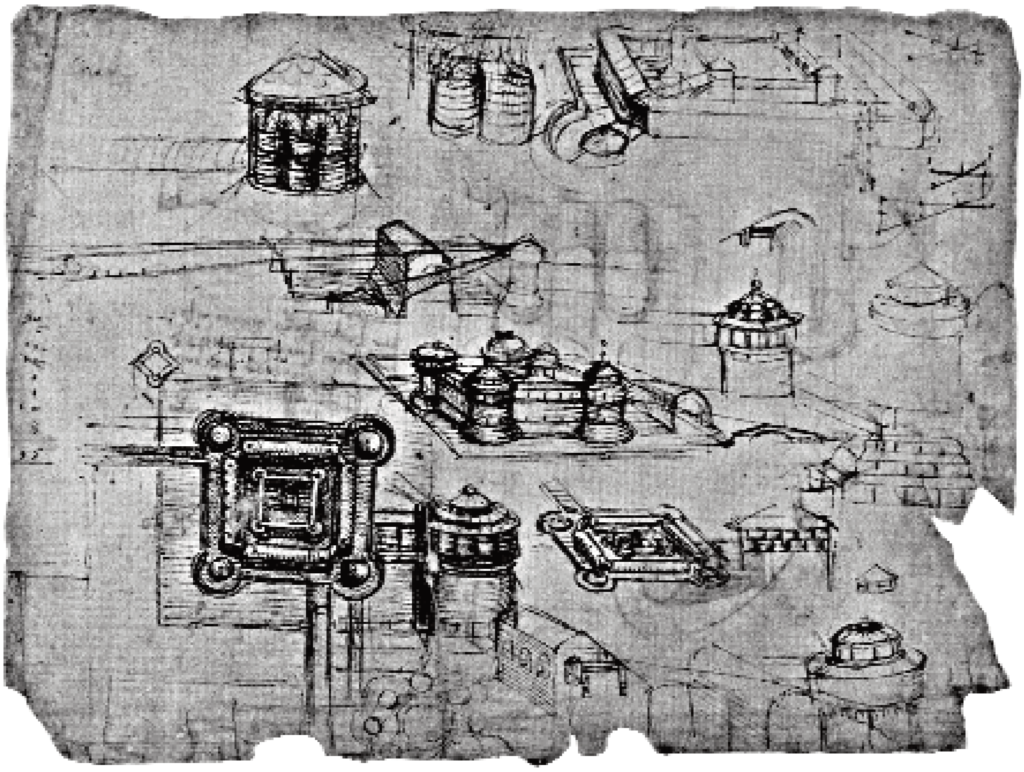
5. FORTEZZE

5.1 Fortezze tradizionali

La fine del Medioevo coincise con la fine dei castelli: l'artiglieria consentendone la rapida demolizione a distanza li rese non solo inutili ma pericolosi. Il loro abbandono fu preceduto da una fase di transizione, durante la quale se ne tentò la sopravvivenza solo incrementandone gli spessori e riducendone l'altezza. Francesco di Giorgio fu il massimo esponente di tale architettura, che sarà spazzata via dal fronte bastionato comparso proprio sul finire del '400 ad opera del Sangallo. Leonardo non capì quel rivoluzionario snodo storico e continuò a disegnare arcaici castelli, con torri e maschi di rilevante altezza.

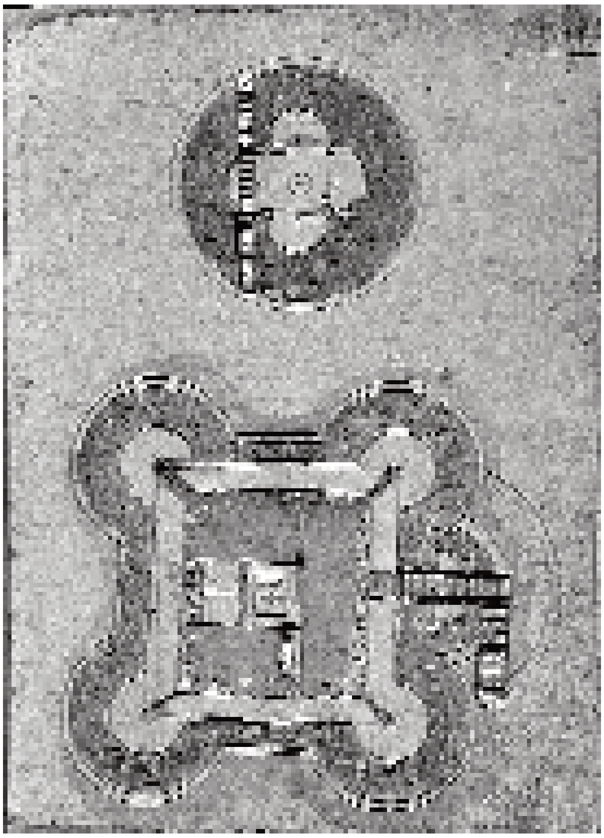


1.

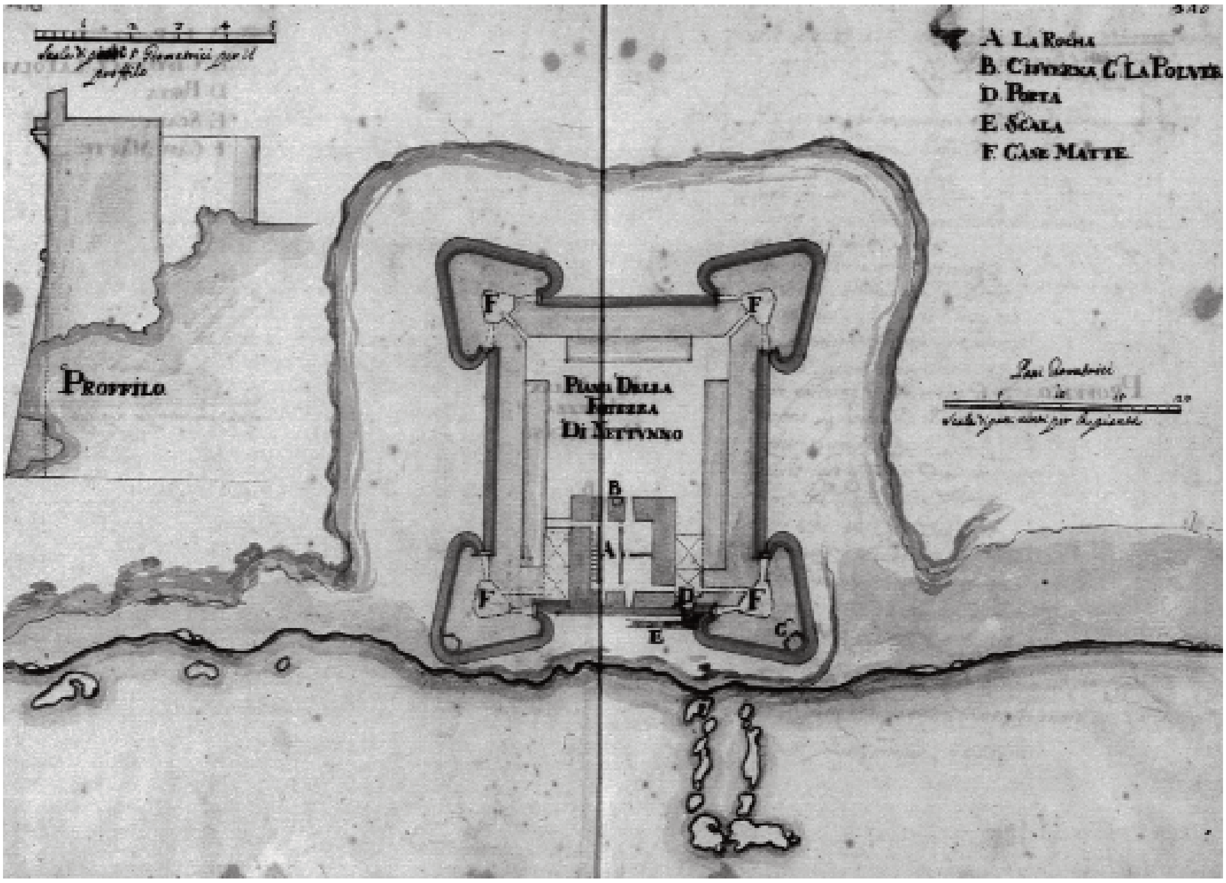


2.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 117r, dett.; 2. Idem, fol. 120v; 3. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 80r; 4. Planimetria del forte di Nettuno progettato dal Sangallo e di nuova concezione: al posto dei quattro torrioni, altrettanti bastioni a punta di freccia.*



3.


A. La Rocha
B. Cisterna C. La Polvere
D. Porta
E. Scala
F. Case Matte
Proffilo
Pianta della Fortezza di Nettunno

4.

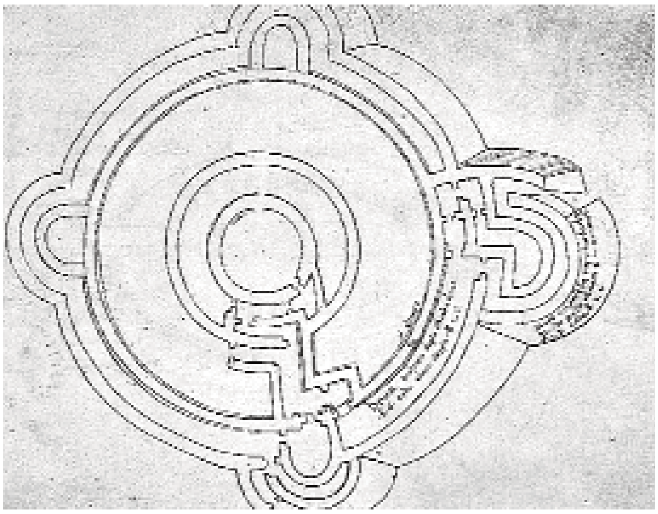
5.2 Fortezze a pianta circolare

Leonardo schizza una fortezza a pianta circolare con quattro semitorri diametrali. Sembra uno schema avveniristico, ma è in realtà, molto arcaico e privo di riedizioni nel corso del Medioevo. Rarissimi gli esempi in età classica per l'assoluta carenza di fiancheggiamento da parte delle torri, come pure di qualsiasi loro appoggio reciproco. Le riproposizioni furono, pertanto, evitate dai trattatisti che ne conoscevano gli sporadici ruderi preromani.

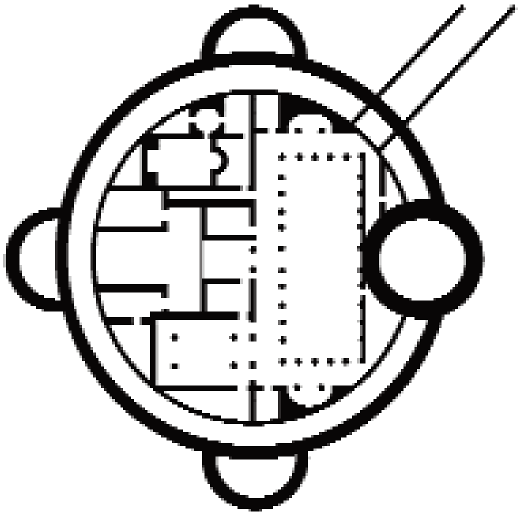
1.

2.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 132r; 2. Idem, fol. 133r; 3. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 42; 4. Planimetria della fortezza-palazzo di Erode il Grande (I sec. a.C.), detta Herodion, sita su di una collina a 12 km a sud di Gerusalemme; 5. Foto aerea della stessa.*



3.



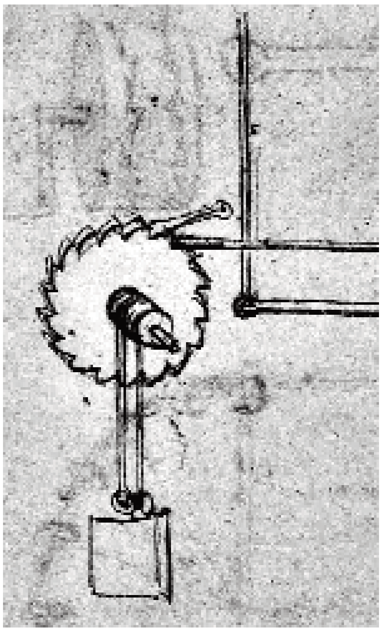
4.

5.

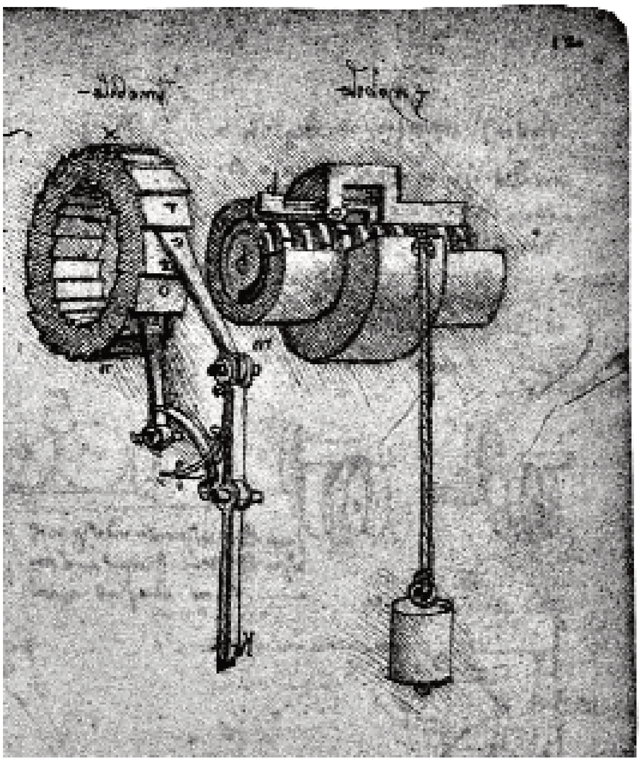
6. CONGEGNI MECCANICI

6.1 Arpionismo d'arresto o saltaleone

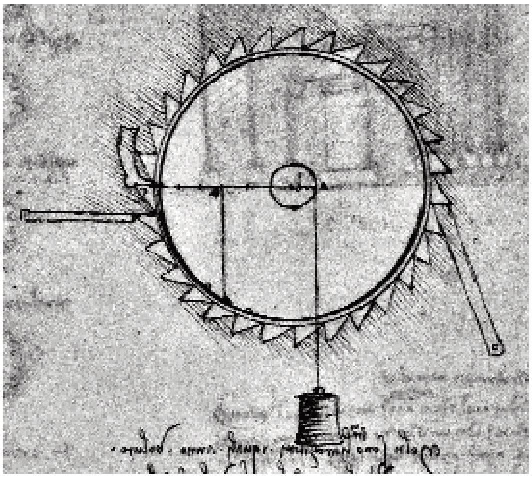
È tra i più usati meccanismi elementari poiché consente la rotazione in un unico verso ed impedisce deleteri arretramenti, come ad esempio negli argani. L'archeologia dell'età classica ne ha recuperati di svariate fogge per vari impieghi. Nessuna meraviglia che tutti i tecnici successivi se ne siano avvalsi: anche Leonardo ne schizza e disegna molteplici.



2.

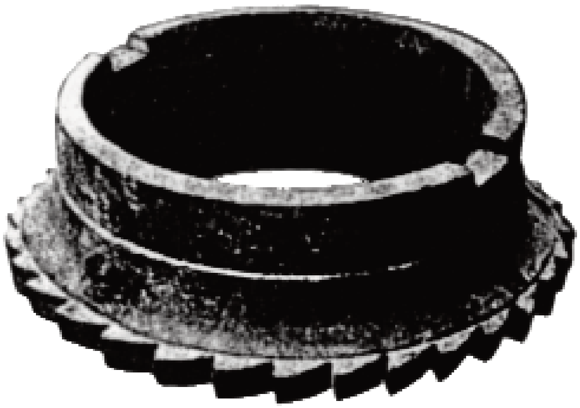


1.



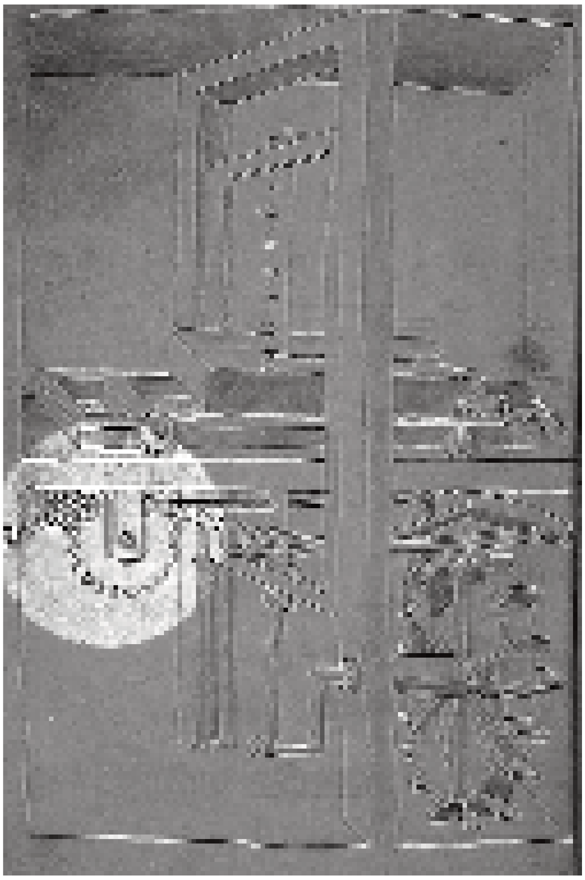
3.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 12r, dett.; 2-3. Idem, fol. 17r, dett.; 4. Ruota ad arpioni, del III-II sec. a.C., rinvenuta a Cape Sunion in Grecia; 5. Idem, rinvenute ad Ephira in Grecia. 6. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 88; 7. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano fol. 48v, dett.*

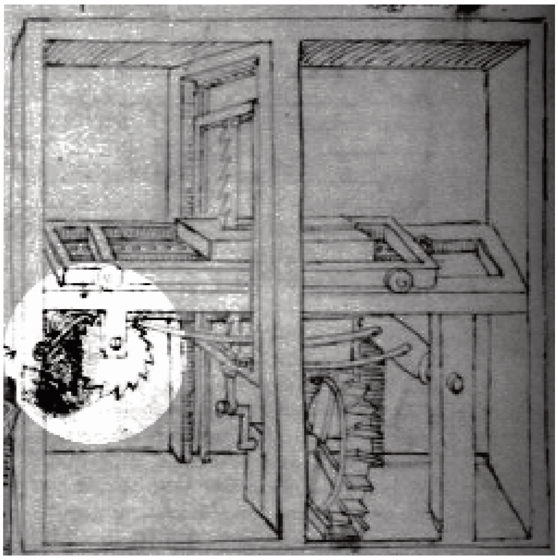


4.

5.



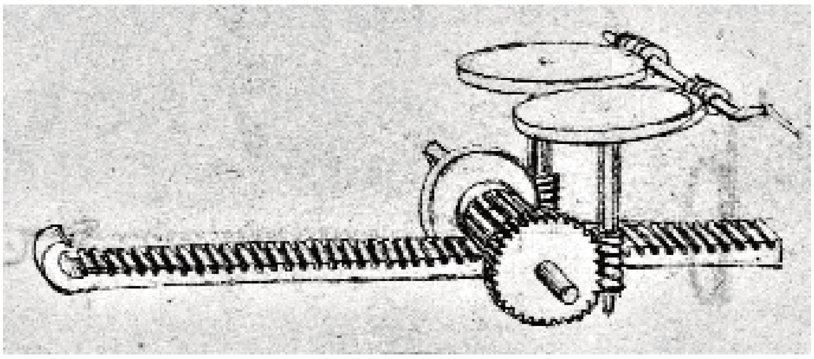
6.



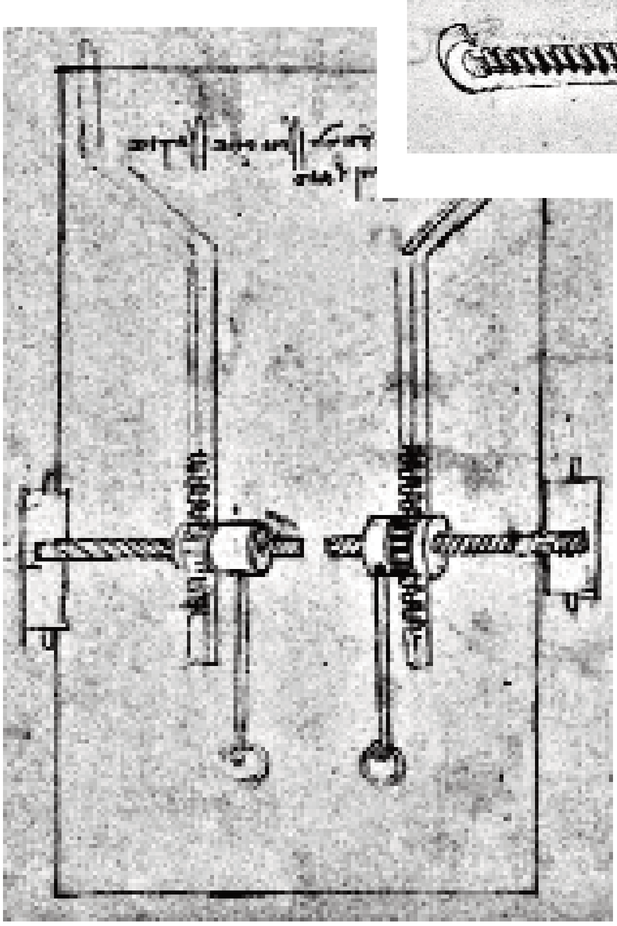
7.

6.2 Rocchetto e cremagliera

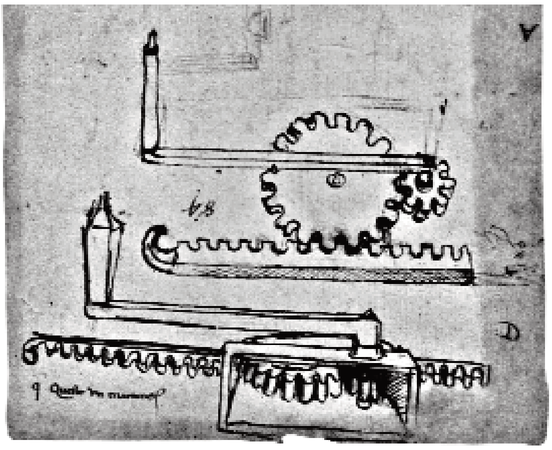
In molti disegni di Leonardo appare una cremagliera sulla quale ingrana un rocchetto solidale ad una manovella. Il dispositivo, presente in molti schizzi tecnici, per la sua rilevante efficacia e le vaste potenzialità d'impiego, compare già nel XIII secolo sulle più potenti balestre da posta e in seguito anche sulle manesche.



1.

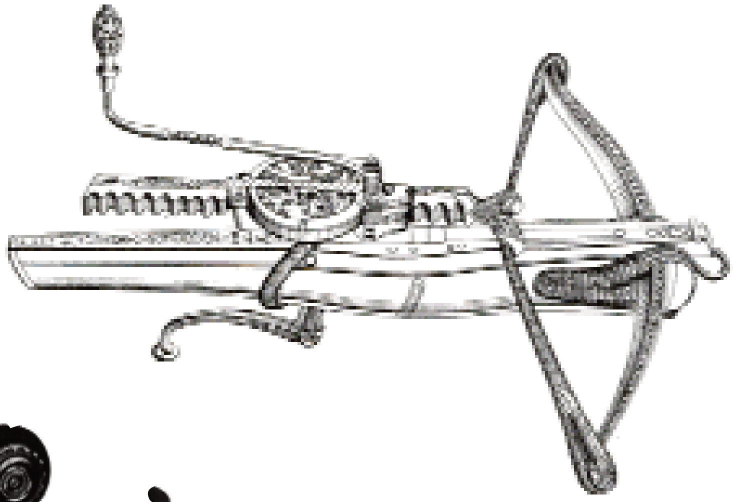


2.

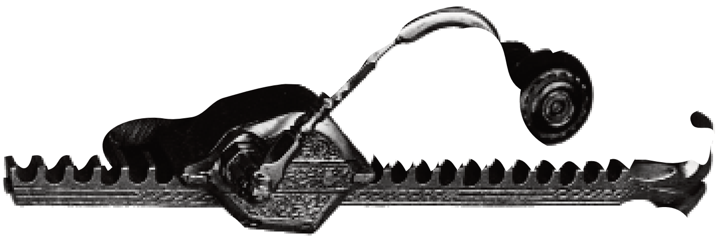


3.

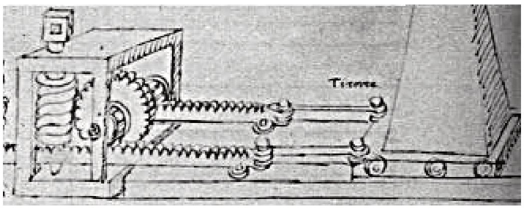
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 35v, dett.; 2. Idem, Codice Atlantico, fol. 155r; 3. Idem, fol. 998r, dett.; 4. Martinetto da balestra del XVI secolo; 5. Stampa seicentesca raffigurante balestra manesca medievale. 6. Anonimo di Weimar, fol. 9r; 7. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 213; 8. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano fol. 50v, dett.*



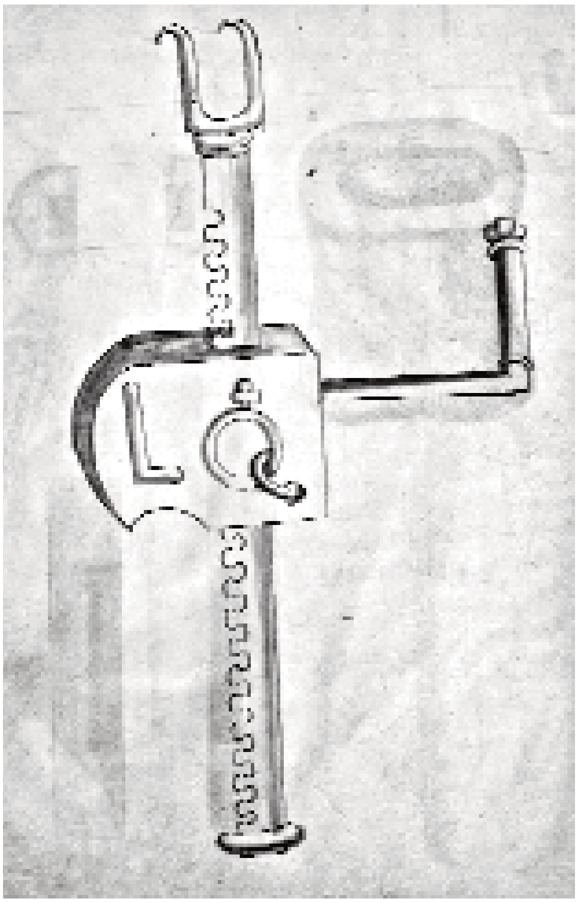
5.



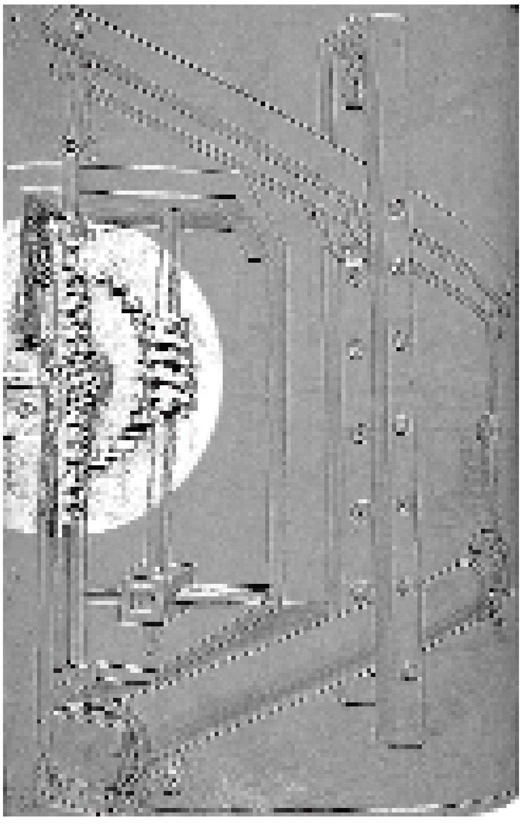
4.



7.



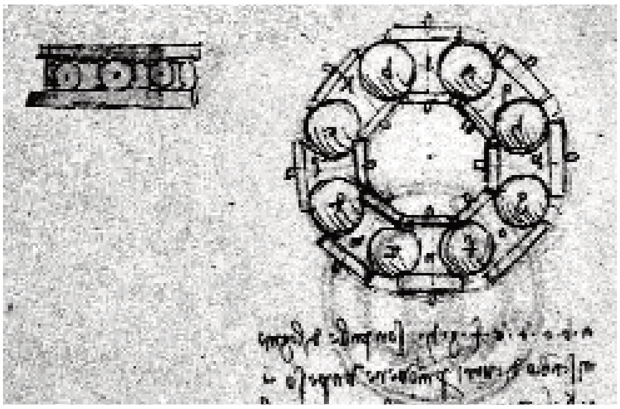
6.



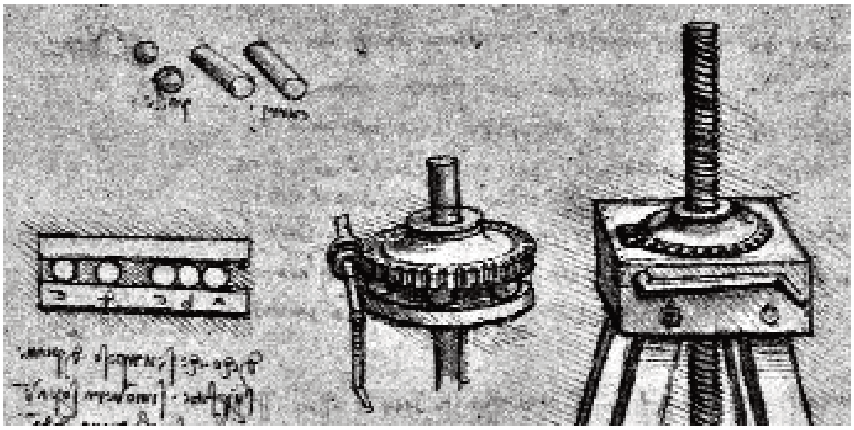
8.

6.3 Cuscinetti a sfere e a rulli

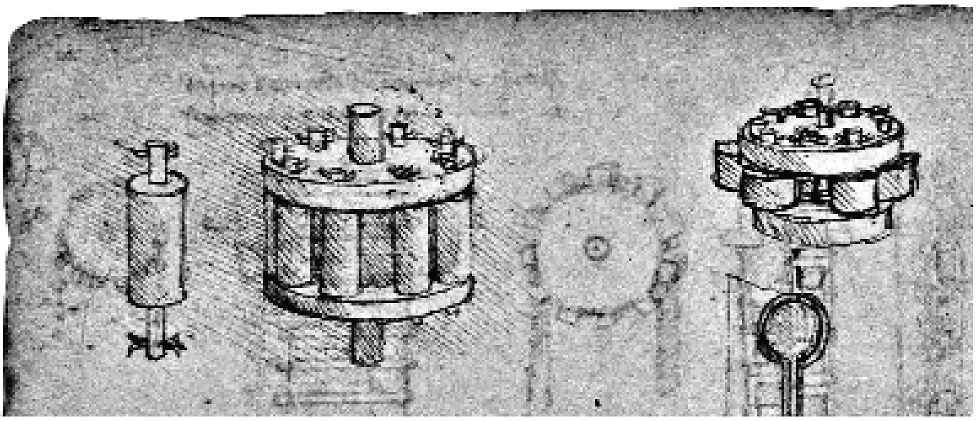
I meccanici d'età classica recepirono presto che l'attrito oltre a determinare una sensibile perdita di potenza nei vari rotismi, ne minava pure la longevità. Ricorsero allora a sistemi diversi per ridurlo che andavano dalla lubrificazione all'adozione di cuscinetti a rulli o a sfere, come confermano quelli ritrovati sulle navi di Caligola recuperate nel lago di Nemi. Leonardo ne disegna alcuni di entrambe le tipologie al pari di tutti i suoi predecessori.



1.

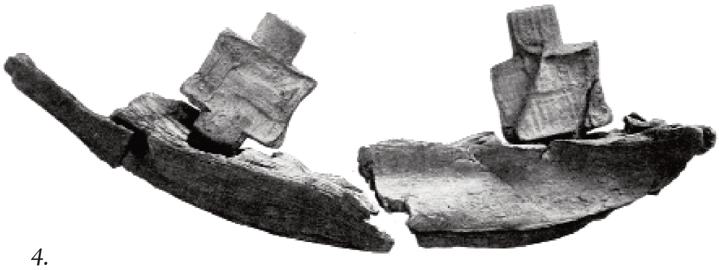


2.

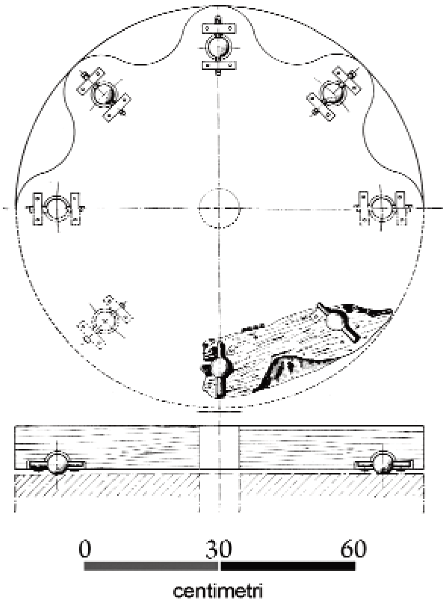


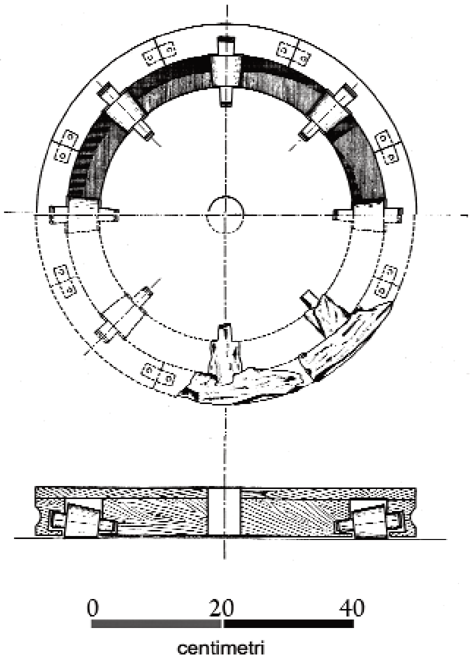
3.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 26r, dett.; 2. Idem, fol. 20v, dett.; 3. Idem, fol. 10v, dett.; 4-5. Frammenti di piattaforme girevoli su rulli conici e sfere su rilievi delle stesse, rivenuti sulle navi di Nemi. 6. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 128, dett.; 7. Franceso di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 97r, dett.*

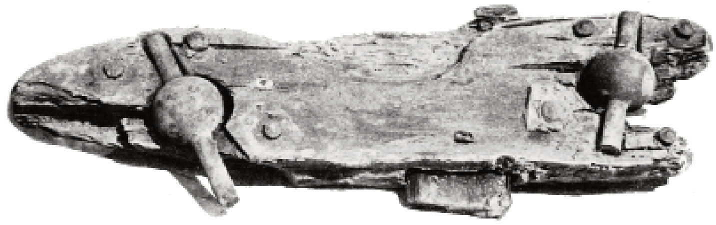


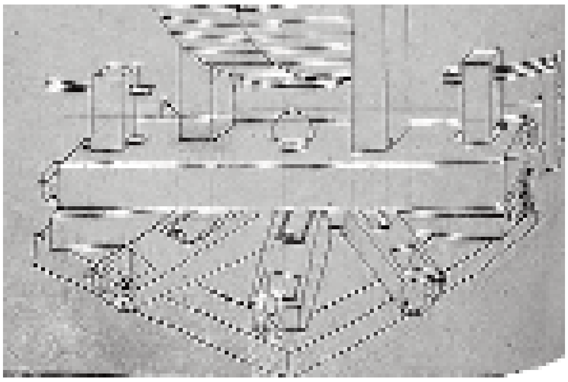
4.



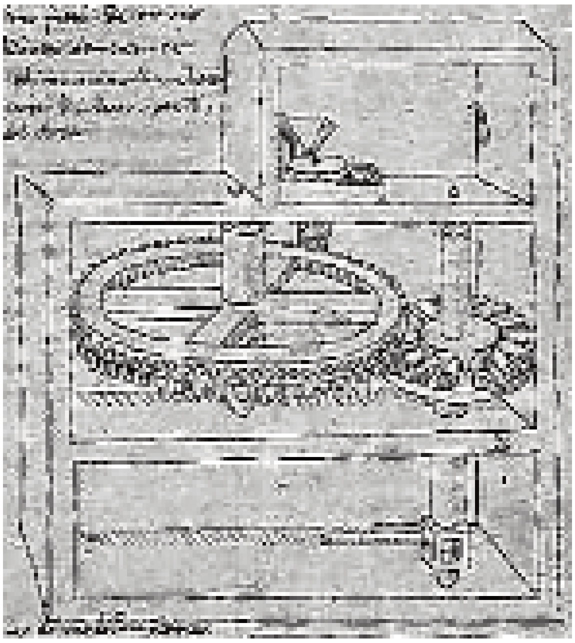


5.





6.



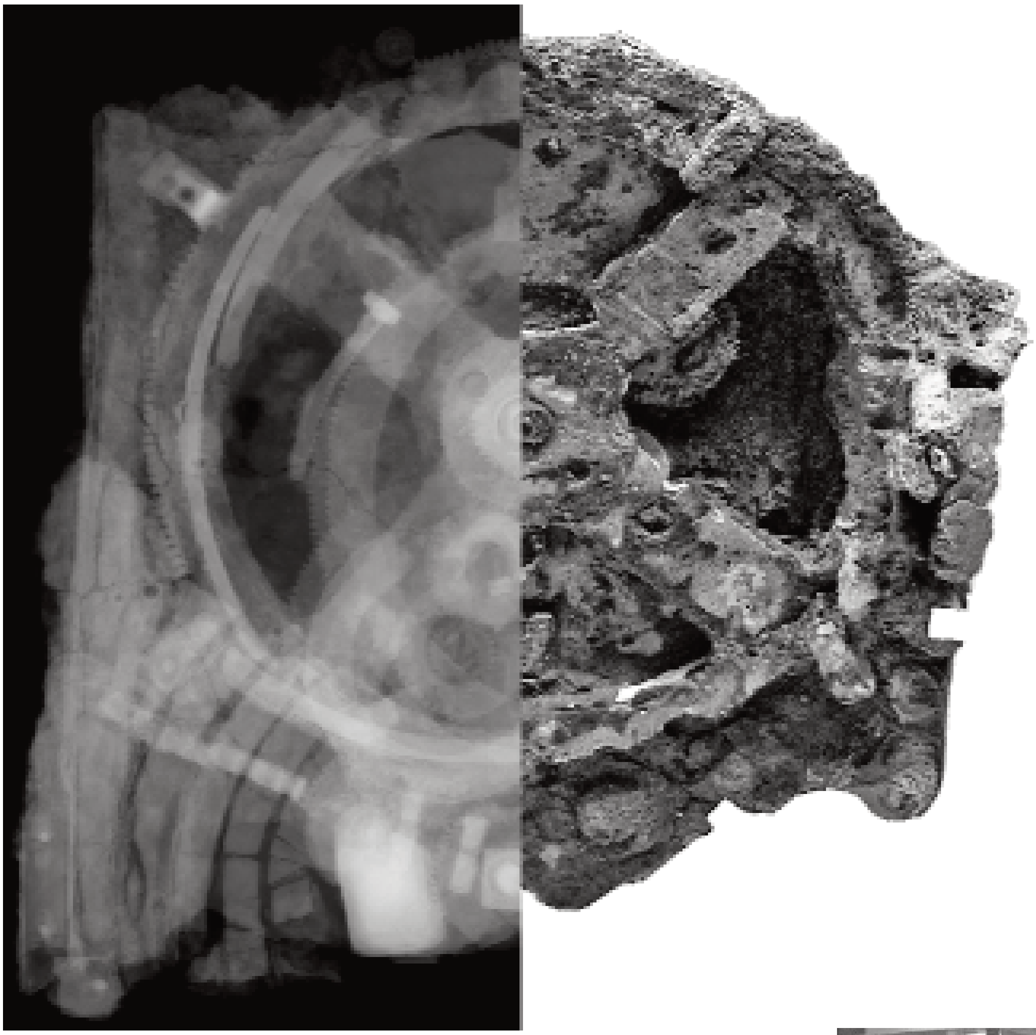
7.

6.4 Rotismo differenziale

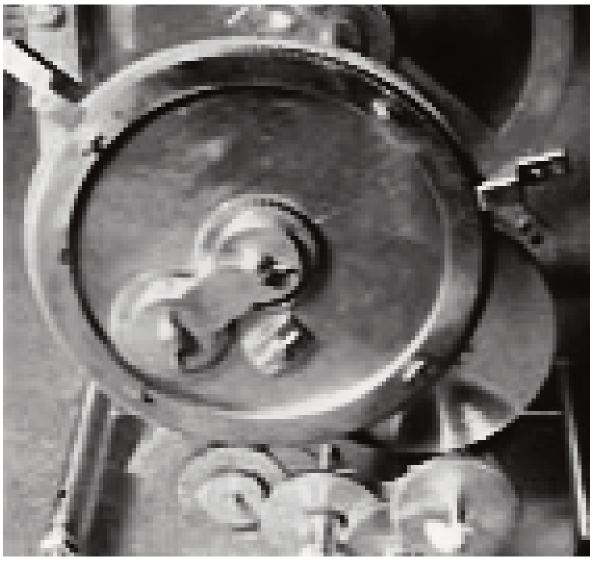
Di tutti i congegni a ruote dentate, il differenziale è senza dubbio il più complesso, ma al tempo stesso il più diffuso nelle nostre macchine. Molti studiosi lo attribuiscono a Leonardo e, infatti, in almeno un paio di schizzi sembra ravvisarsi qualcosa del genere. In particolare in uno relativo ad un complesso rotismo di un orologio astronomico che, in modo sorprendente ricorda il cosiddetto calcolatore di Antikythera del III sec. a.C., che già dispone di un identico rotismo differenziale.

1.

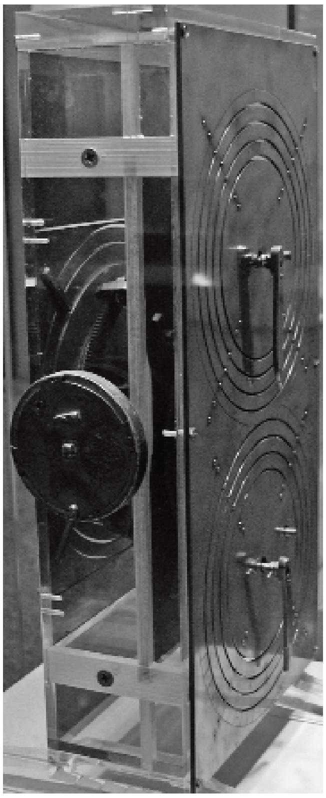
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Manoscritto L, fol. 92v, ruotismo per orologio planetario; 2. Raffronto tra una radiografia ed un gruppo di ingranaggi del meccanismo di Antikythera, realizzato dall'Antikythera Mechanism Research Project; 3-4. Ricostruzioni del calcolatore di Antikythera.*



2.



3.

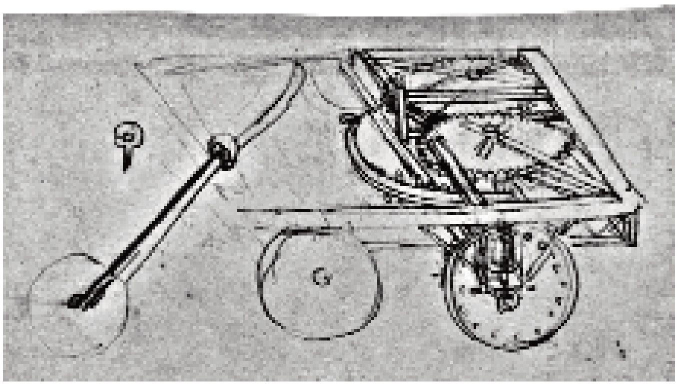


4.

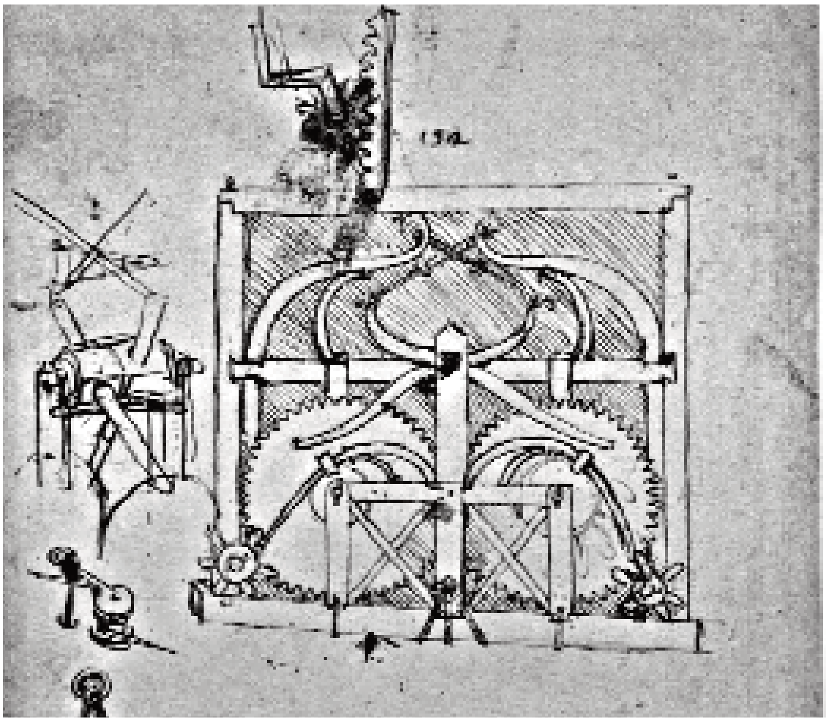
7. CARRI

7.1 Carro semovente

Le più evolute torri d'assedio già dall'età di Alessandro Magno avanzavano grazie ad un sistema meccanico interno. Congegno che sarà poi ripreso anche dai Romani come testimoniato esplicitamente da Giulio Cesare pur senza dilungarsi sui dettagli tecnici e da Erone. Leonardo a sua volta propose un carrello propulso da una molla a balestra, caricata in precedenza. Lungo quel brevissimo tragitto era indipendente, per modo di dire, dalla forza muscolare umana a differenza di tutti gli altri carri semoventi dei suoi predecessori. Una tipologia a parte erano i carri semoventi mossi dal vento, progetti per lo più utopici che ebbero qualche marginale applicazione nell'antichità.

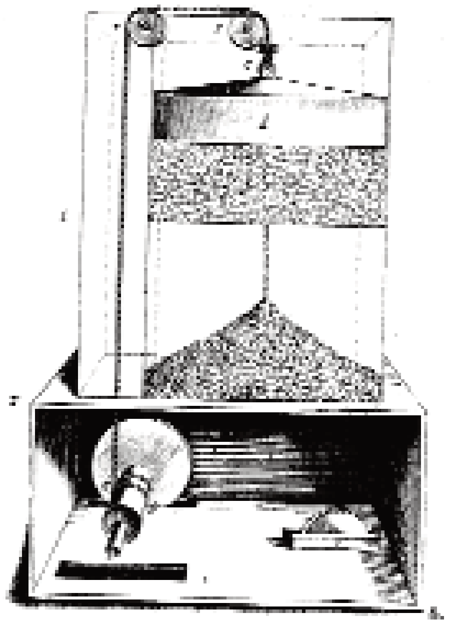


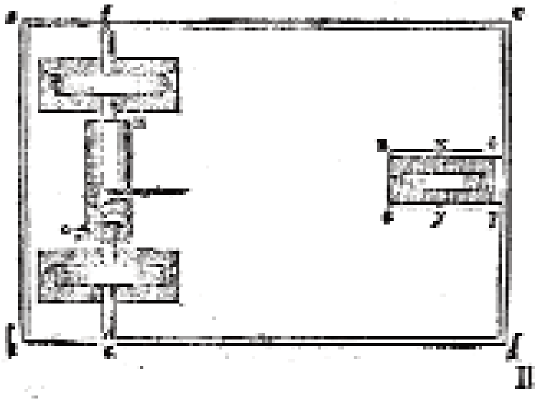
1.



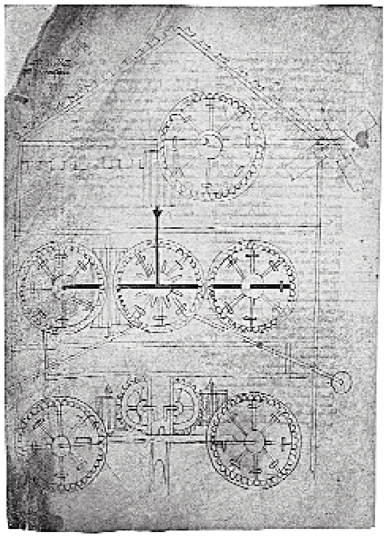
2.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Manoscritto L, fol. 812r, dett.; 2. Idem; 3. Piccollo carrello semovente a contrappeso di Erone da Bernardino Baldi "di Erone Alessandrino De gli automati overo machine se moventi" Venezia, 1589; 4. Guido da Vigevano, Texaurus Regis Francie, fol. 52v; 5. Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum liber, fol. 18r; 6. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 52r, dett.; 7. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 408; 8. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 91, dett..*

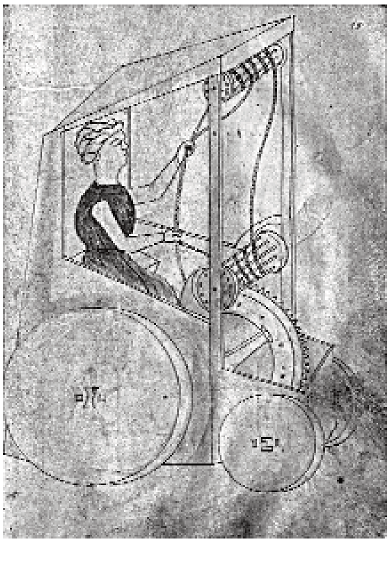




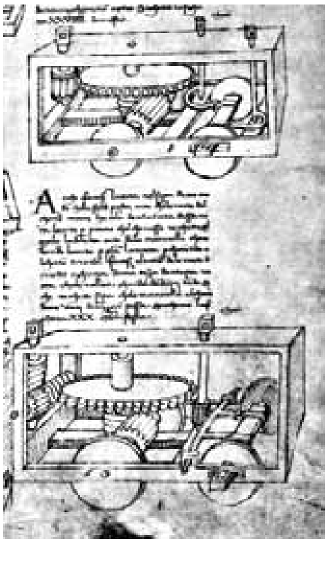
3.



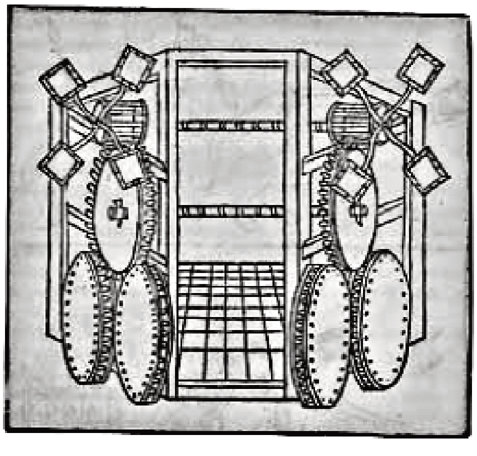
4.



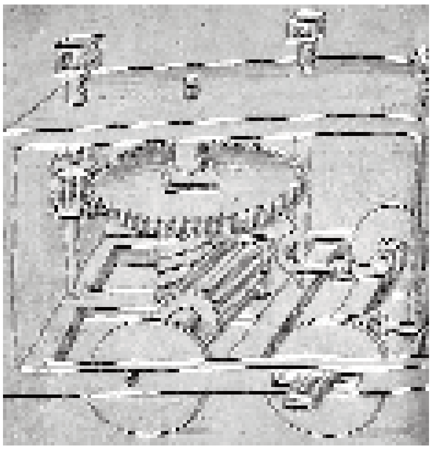
5.



6.



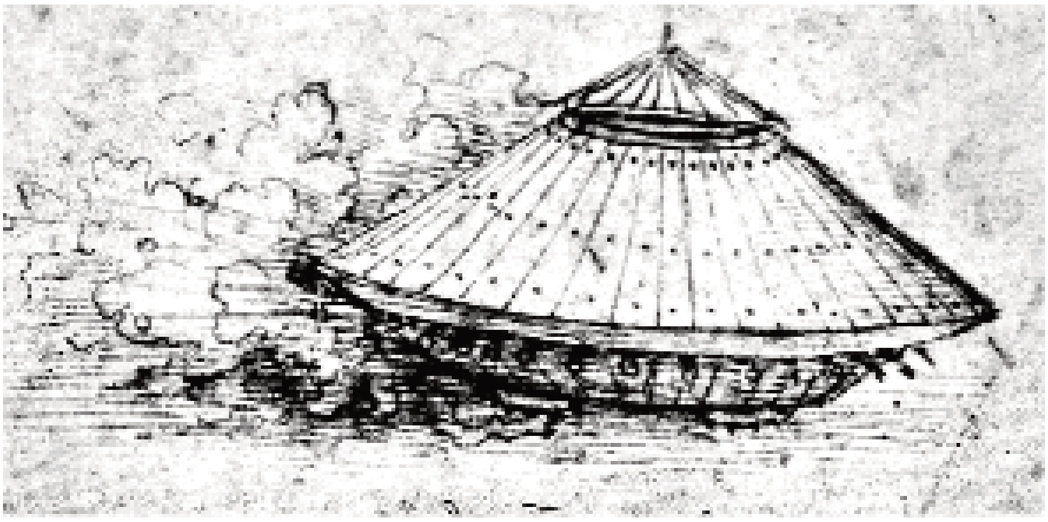
7.



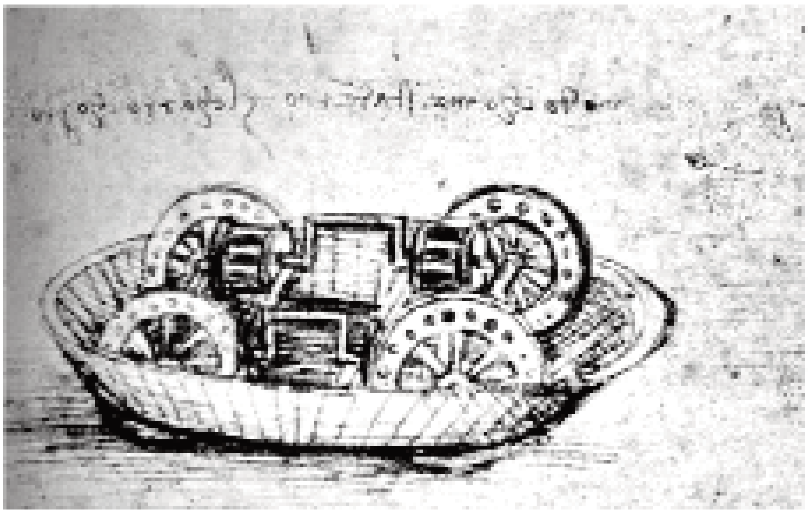
8.

7.2 Carro armato

Leonardo progetta un carro semovente, blindato ed armato di pezzi d'artiglieria. Il movimento è generato da serventi, all'interno di un rivestimento conico di tavoloni, al cui riparo stanno anche i cannoni disposti a 360°. Più che una novità può considerarsi l'insieme di vari elementi, noti da tempo. Un carro mosso con manovelle e armato con artiglierie compare, infatti, già in Guido da Vigevano; in Fontana l'armamento a 360°, mentre la protezione conica può considerarsi una variante di quella prospettata da Francesco di Giorgio per le navi. In ogni caso un carro puramente teorico incapace nella realtà di muoversi.

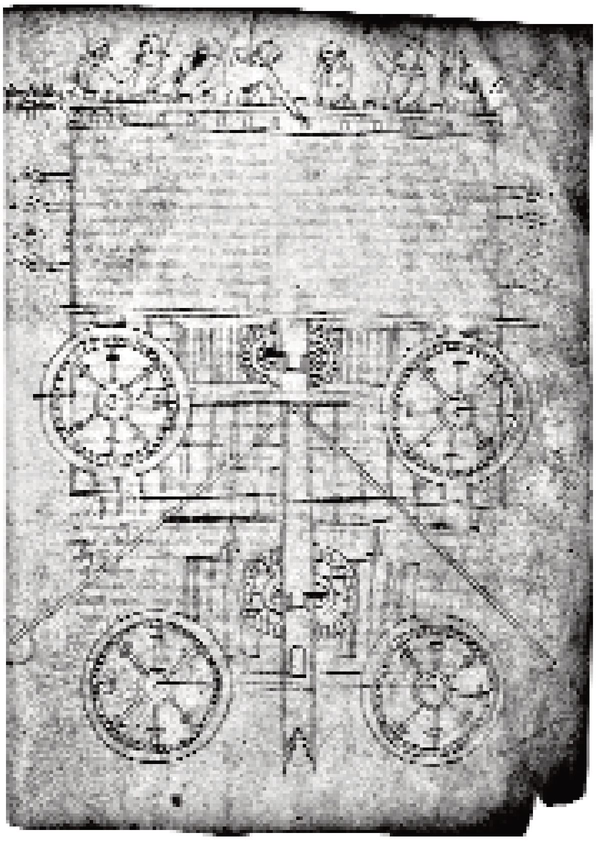


1.

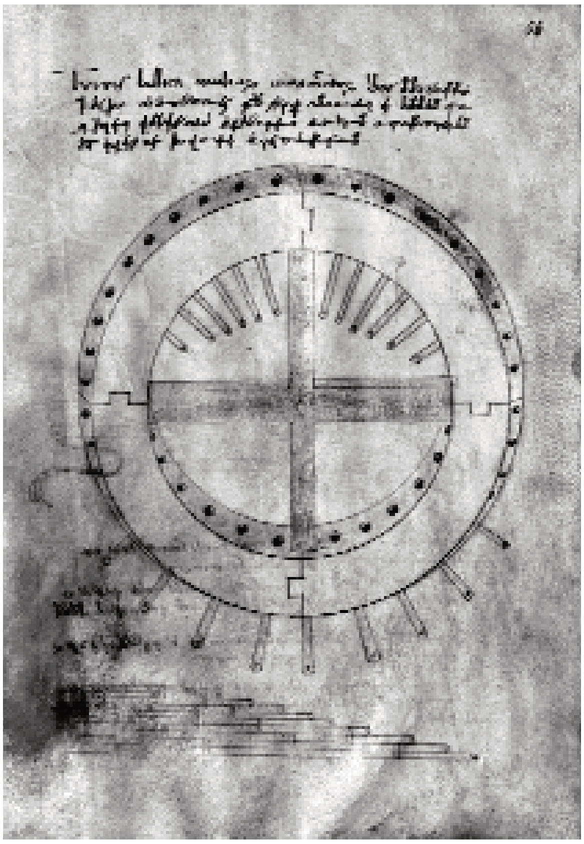


2.

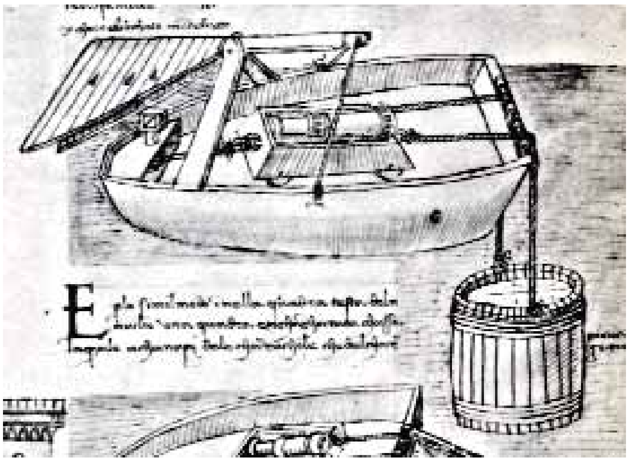
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Arundel, fol. 1030, dett.; 2. Idem; 3. Guido da Vigevano, Texaurus Regis Francie, fol. 51v; 4. Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum liber, fol. 66r; 5. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 58r, dett.; 6. Idem, fol. 56v, dett..*



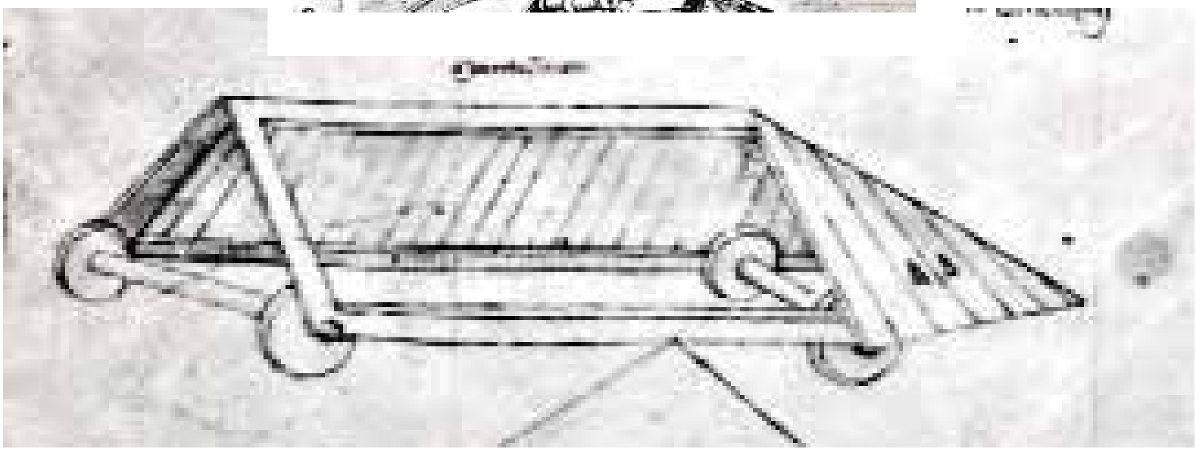
3.



4.



5.

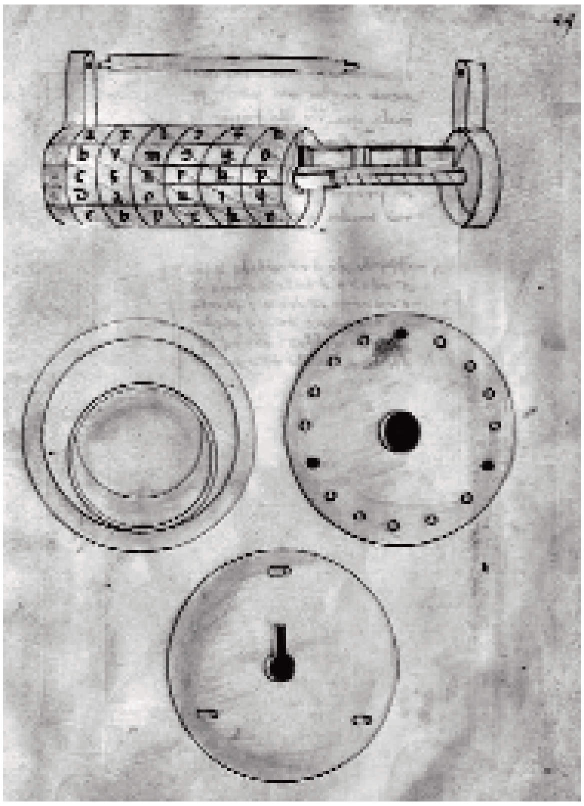


6.

8. CRIPTEX

Un discorso a parte merita un singolare lucchetto a combinazione, reso oltremodo famoso da un recente romanzo e dalla relativa pellicola di straordinario successo, nei quali viene attribuito al genio di Leonardo, col nome di criptex. Non con quel nome, il lucchetto è effettivamente esistito nel XV secolo, in ogni dettaglio: ma il suo inventore fu l'architetto Giovanni Fontana, esperto di cifrari e di codici segreti!

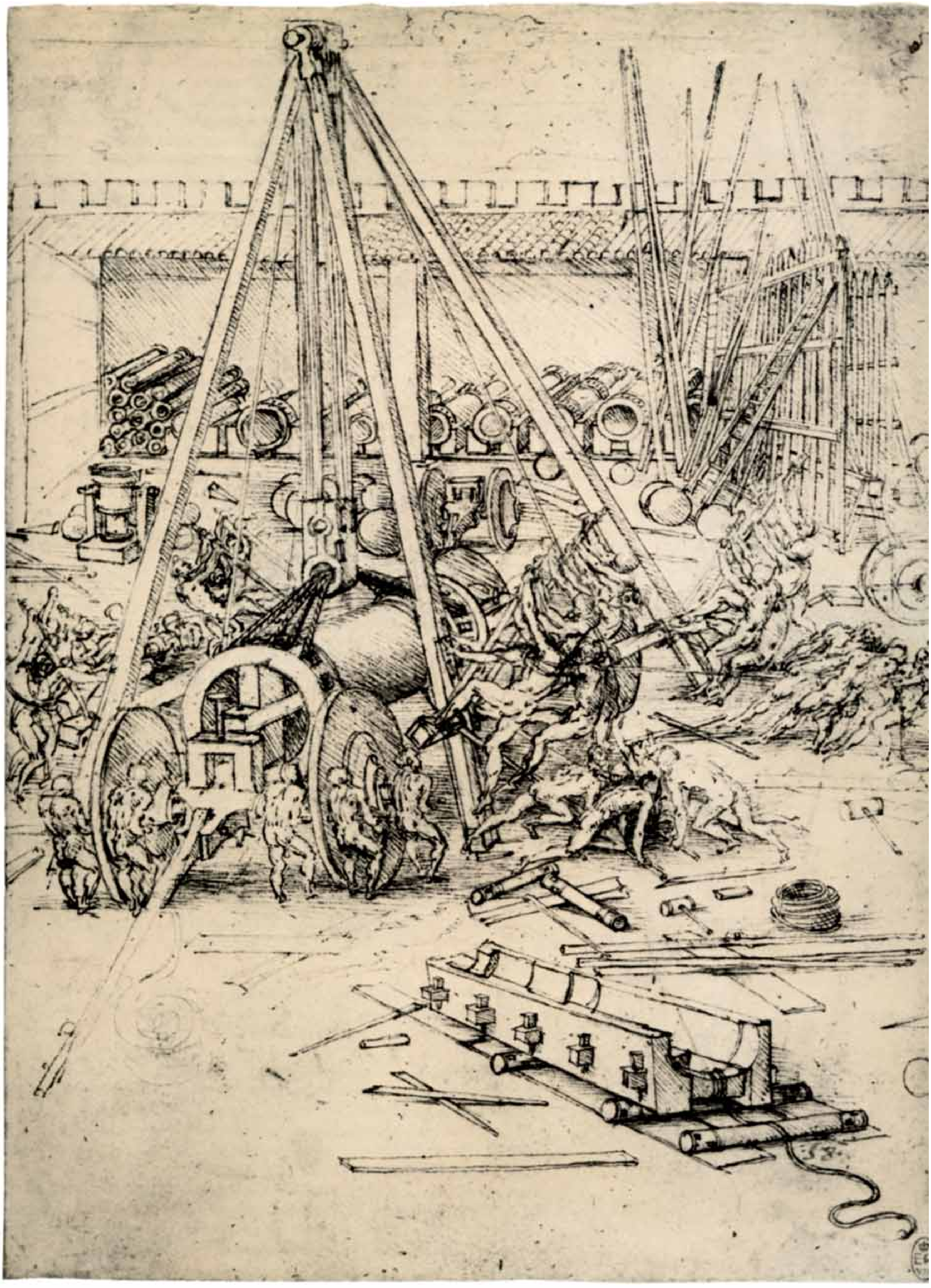
1.



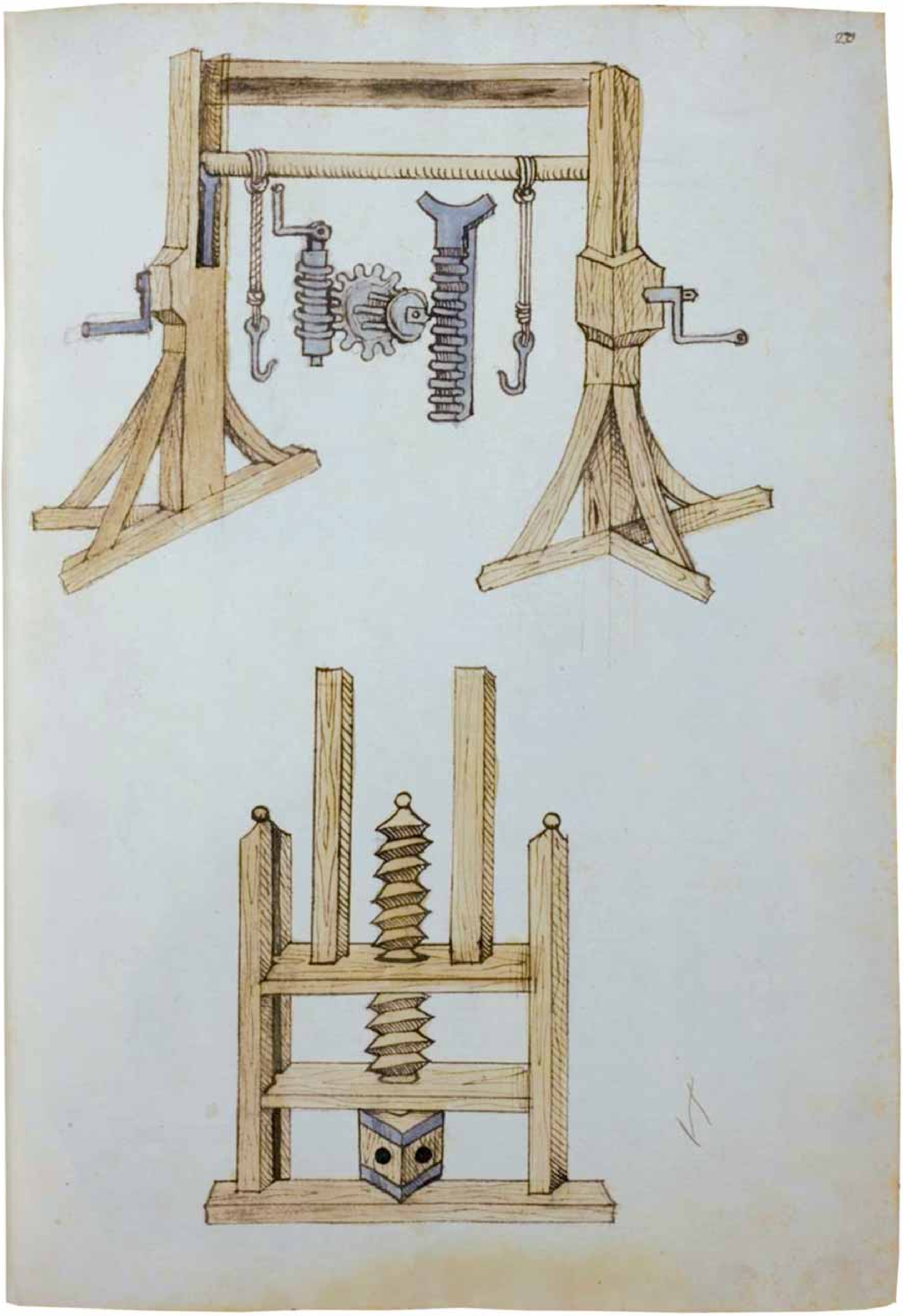
2.

3.

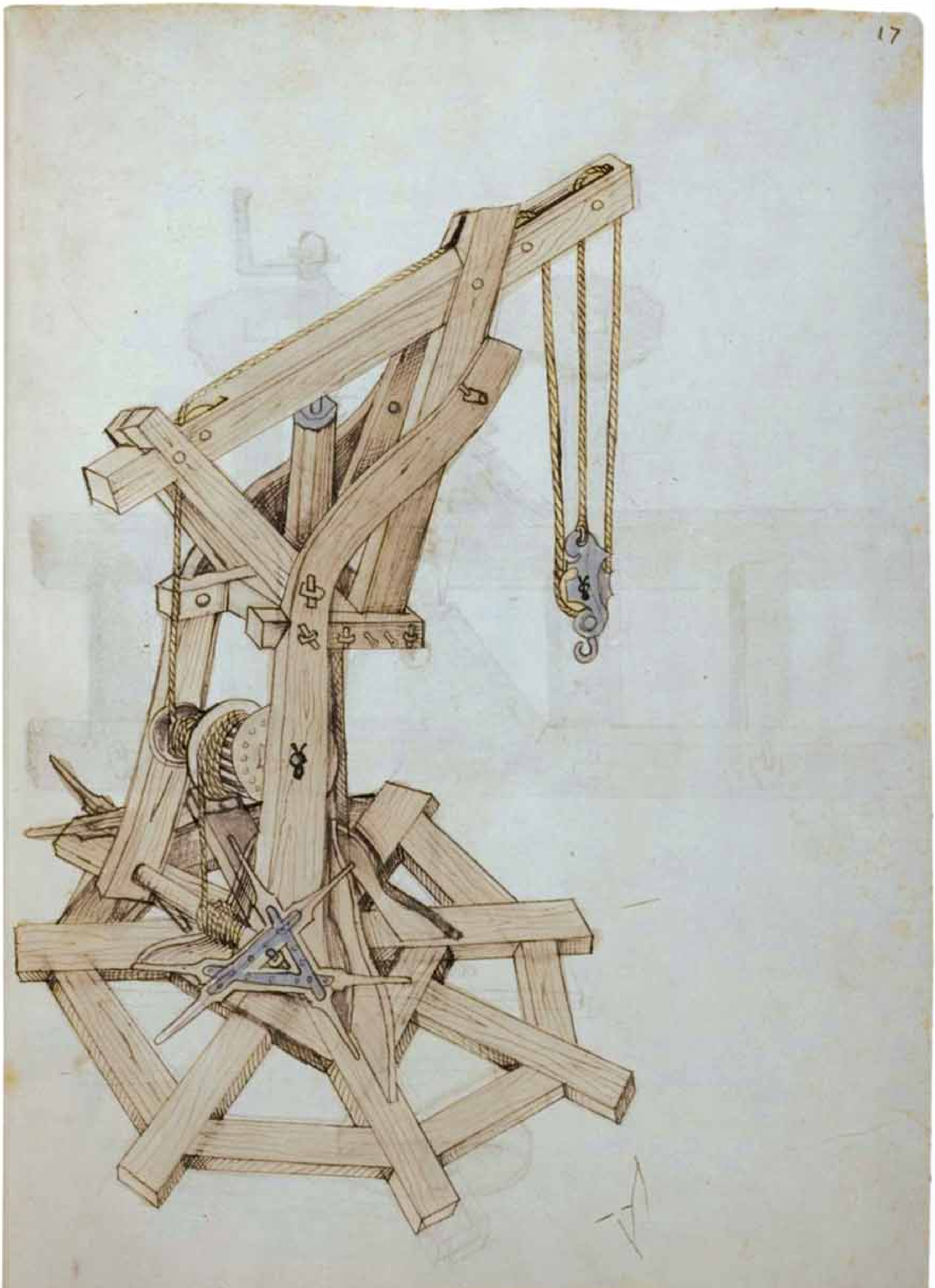
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Manoscritto B, fol. 33v, nonostante questa sia la pagina del codice a cui si fa riferimento per l'attribuzione del criptex a Leonardo, è evidente che i grafici sono relativi ad altri congegni; 2. Johannes Fontana, fol. 49r; 3. Versione cinematografica del criptex attribuito a Leonardo.*



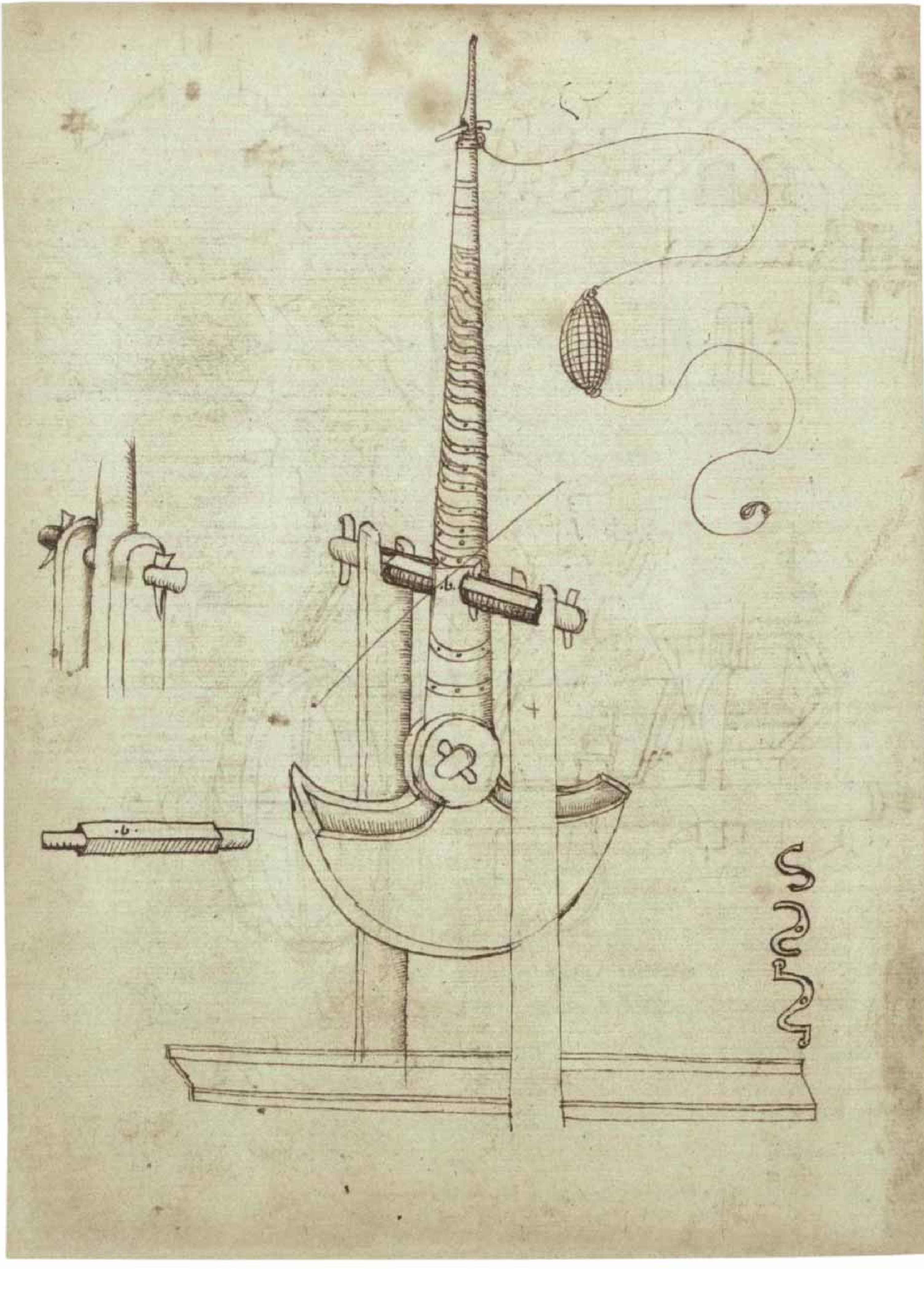
Leonardo da Vinci, codice Windsor 12647



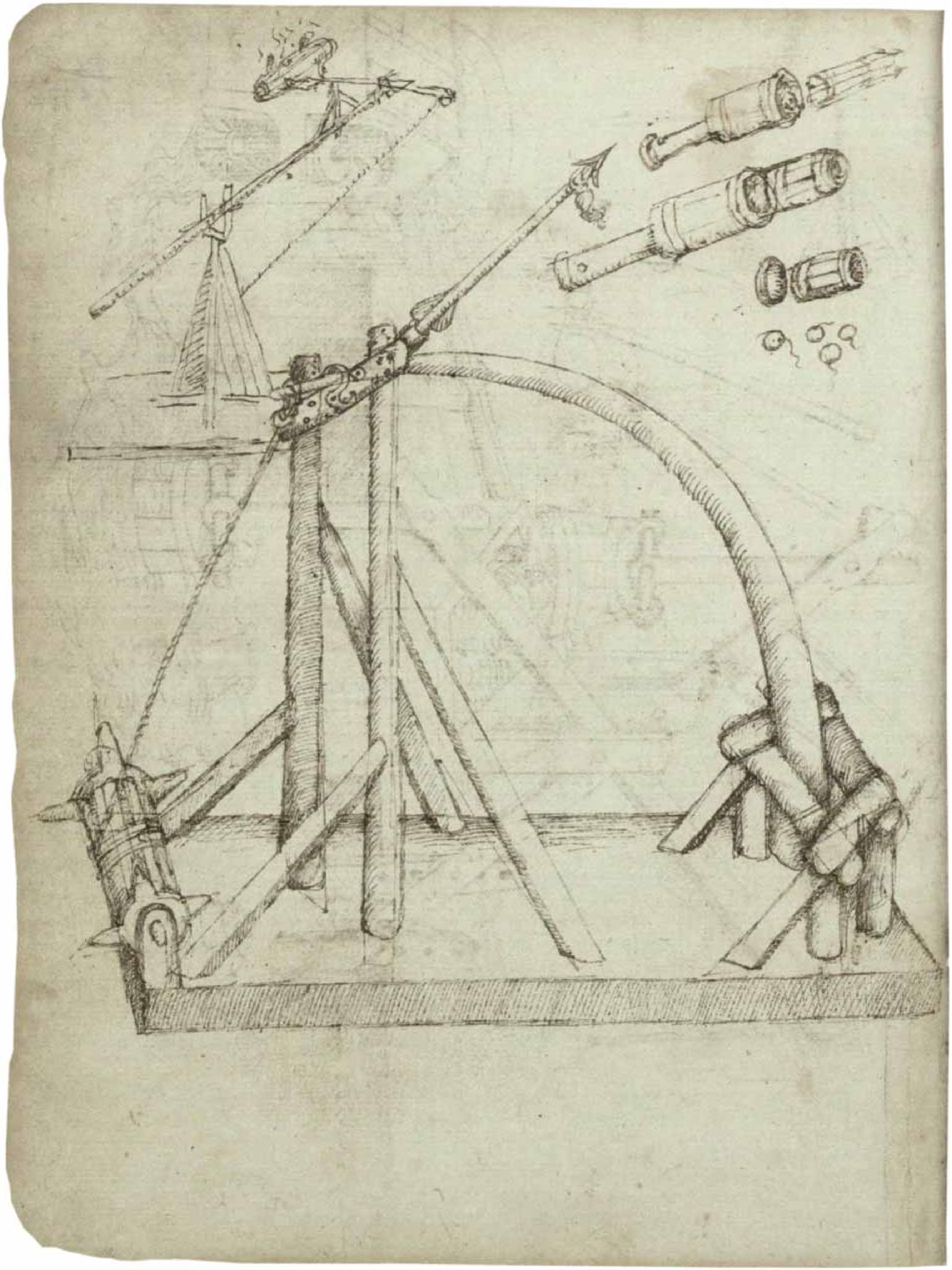
Philipp Mönch, Codex Palatino Germanica (CPG) 126, fol. 20 r



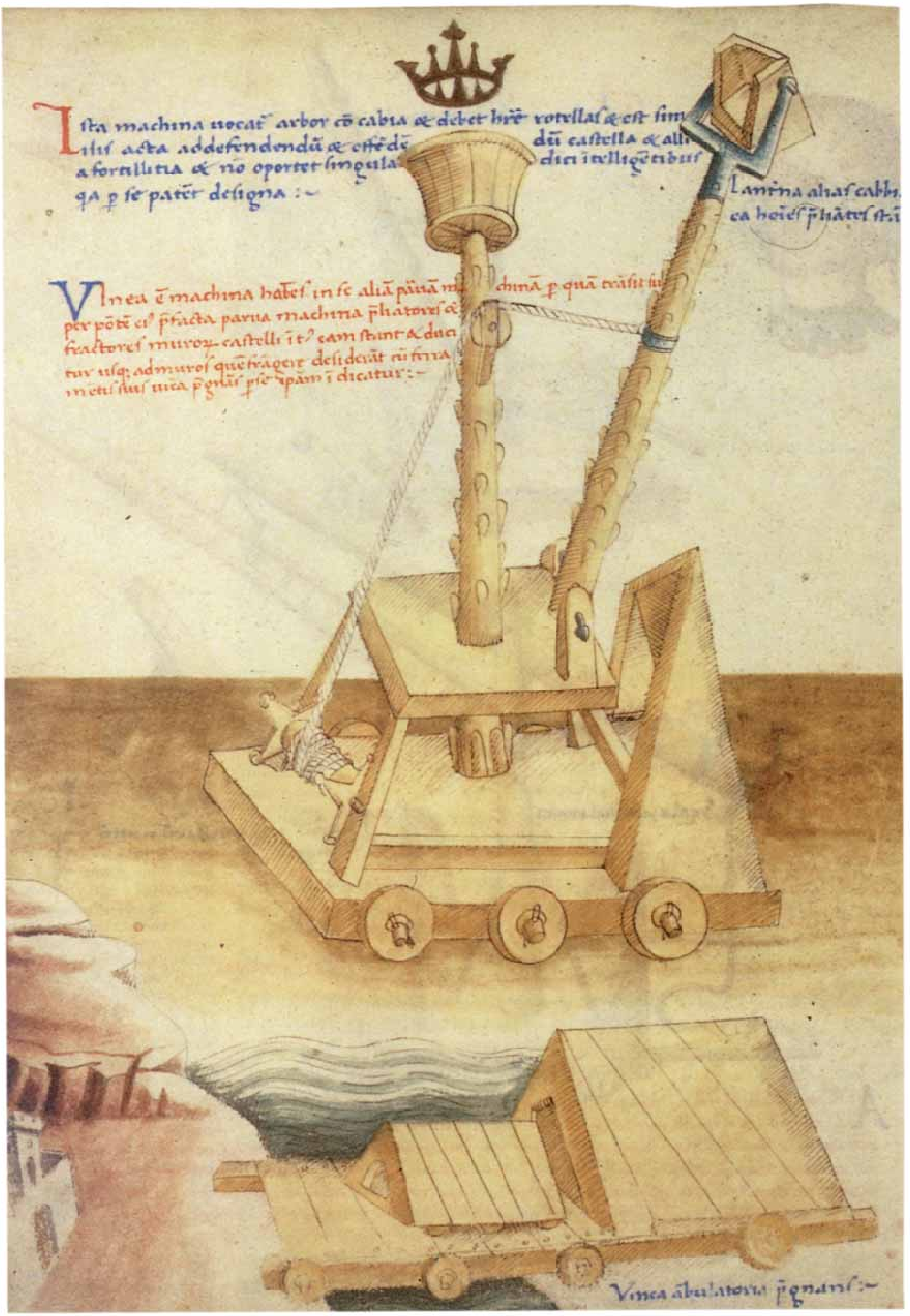
Philipp Mönch, Codex Palatino Germanica (CPG) 126, fol. 17 r



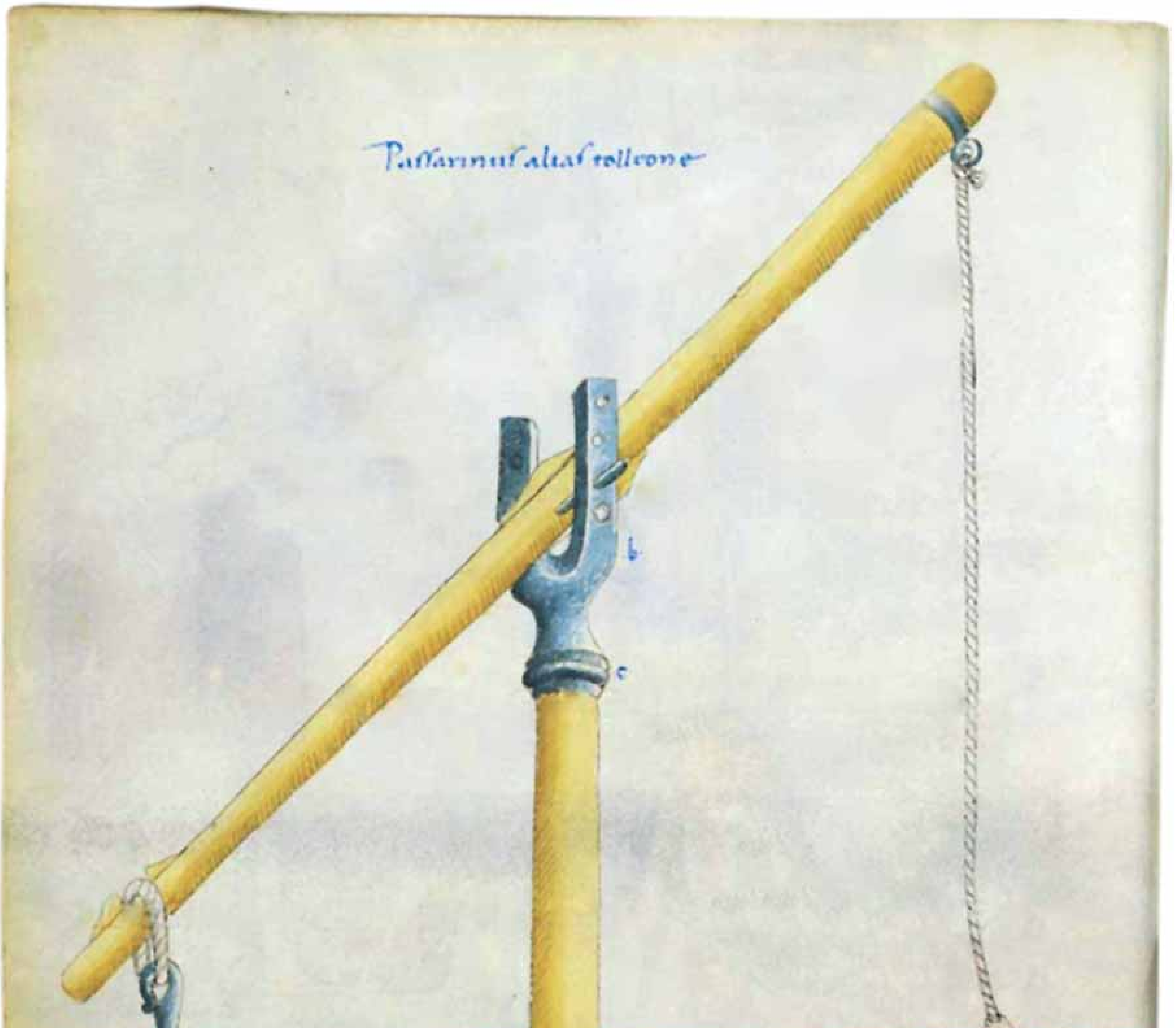
Mariano di Jacopo detto il Taccola, De Ingeneis, fol. 40v



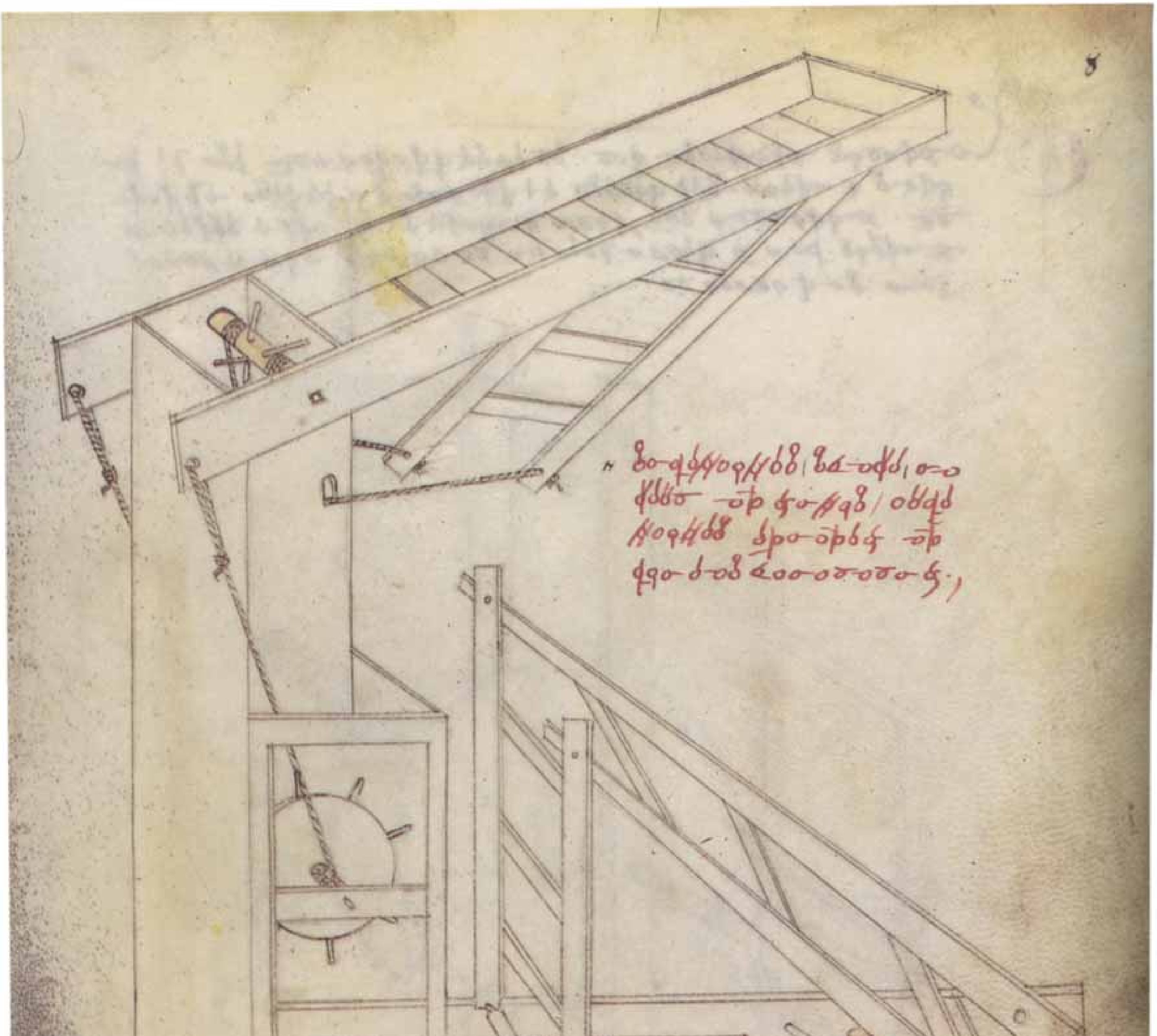
Mariano di Jacopo detto il Taccola, De Ingeneis, fol. 92v



Roberto Valturio, De re militari. Padova, Biblioteca Capitolare, ms. D. II

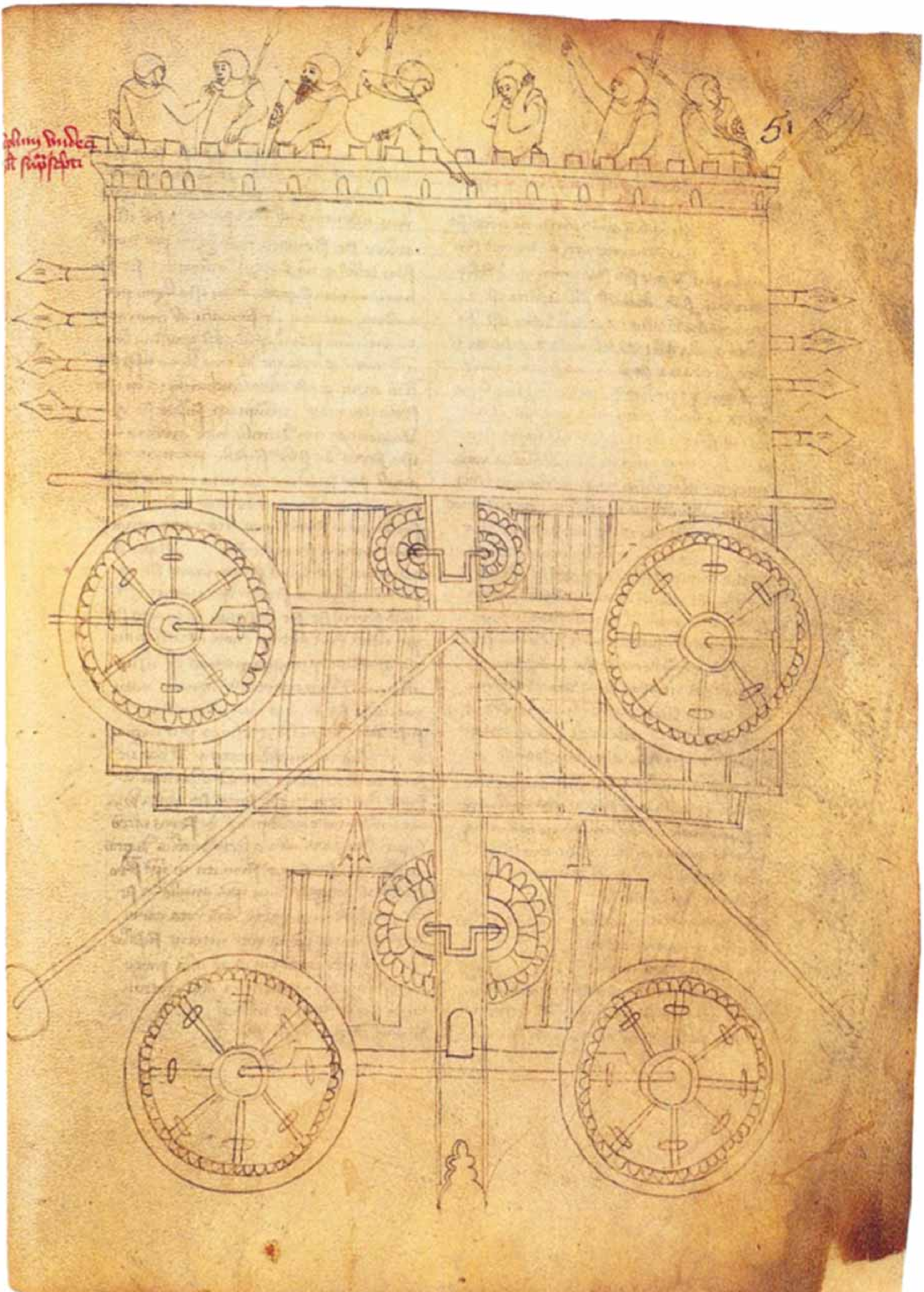


Roberto Valturio, De re militari. Torino, Archivio Storico Amma, fol. 79r

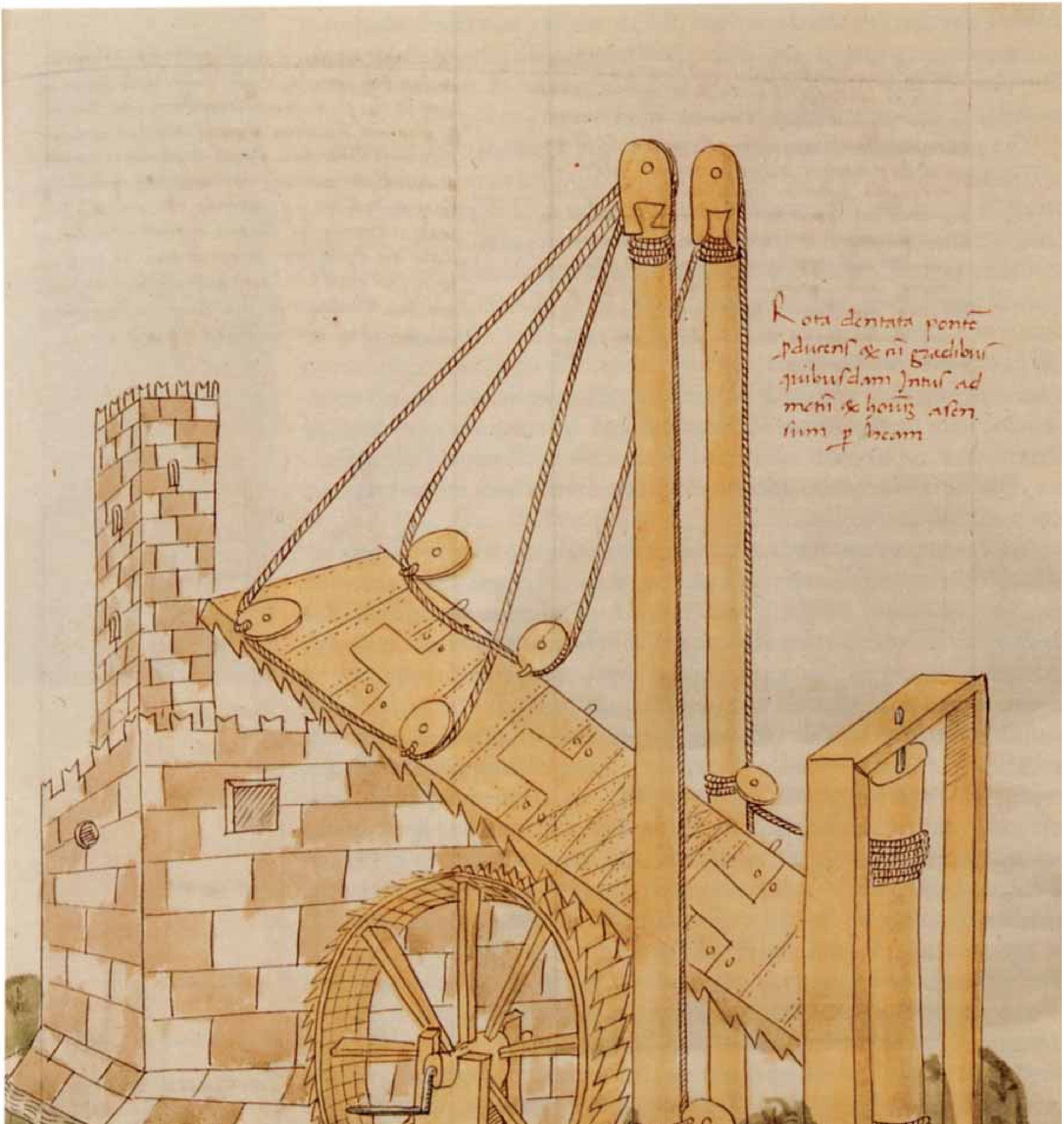


Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum liber, Cod. Icon. 242, fol. 8r

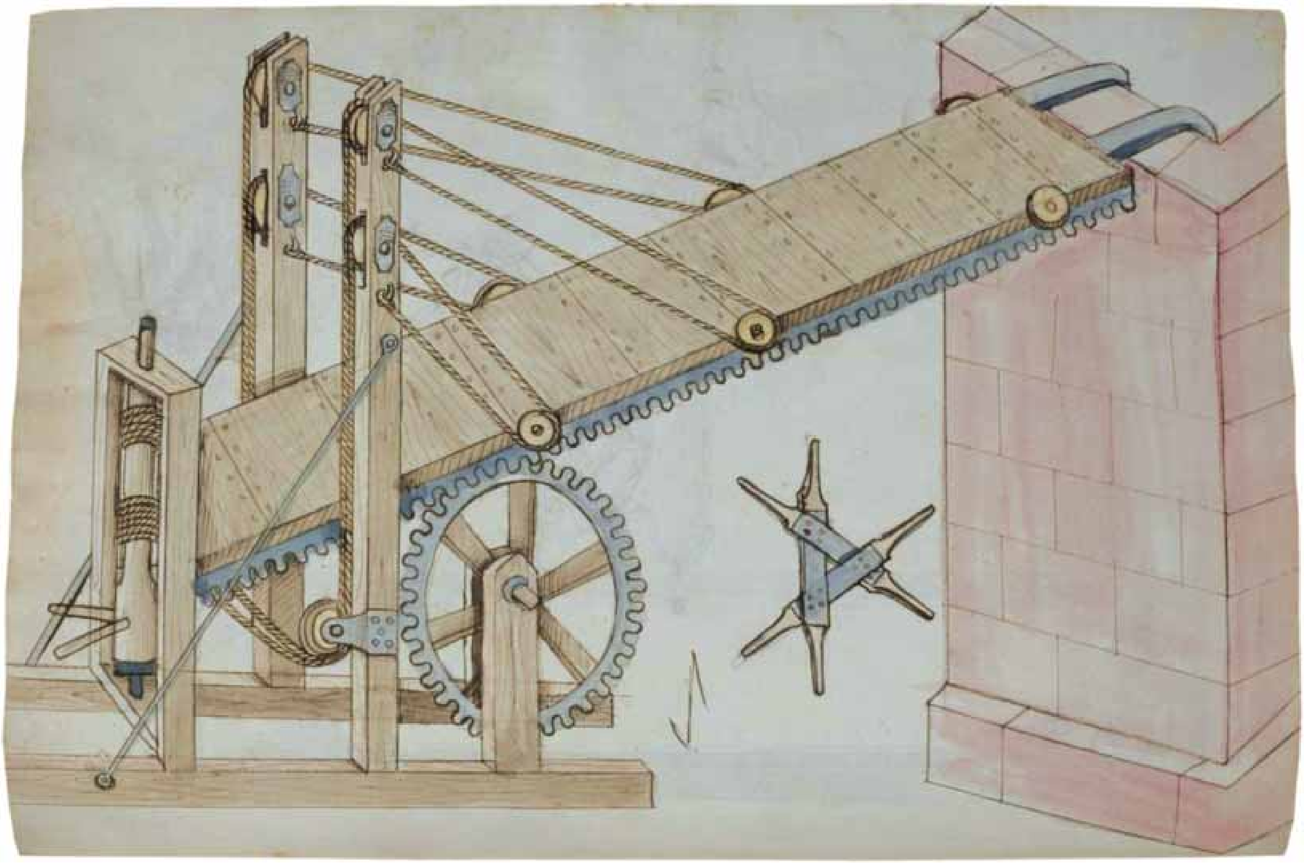
Roberto Valturio, De re militari. Torino, Archivio Storico Amma, fol. 79r

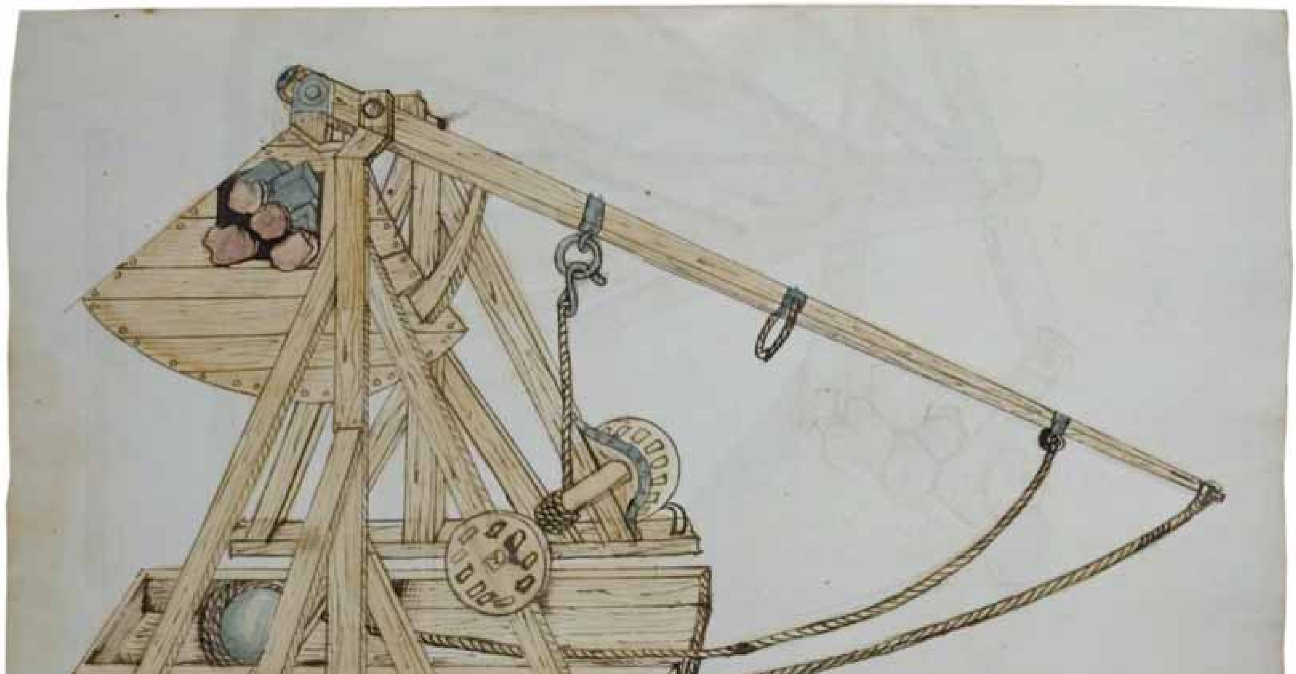


Guido da Vigevano, Cod. G. V. 9. Torino, Biblioteca Nazionale Universitaria

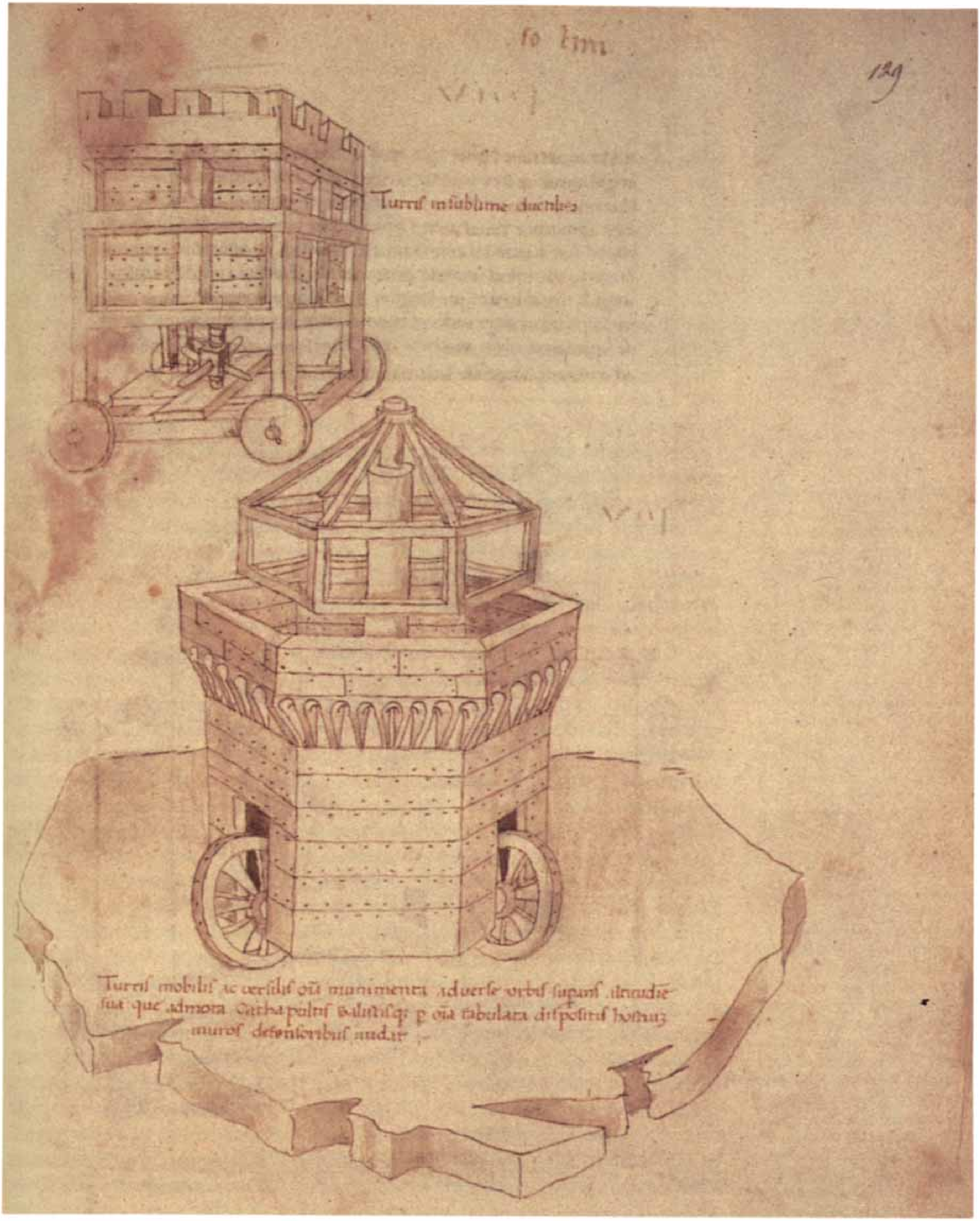


Roberto Valturio, De re militari. Torino, Archivio Storico Amma, fol. 85r

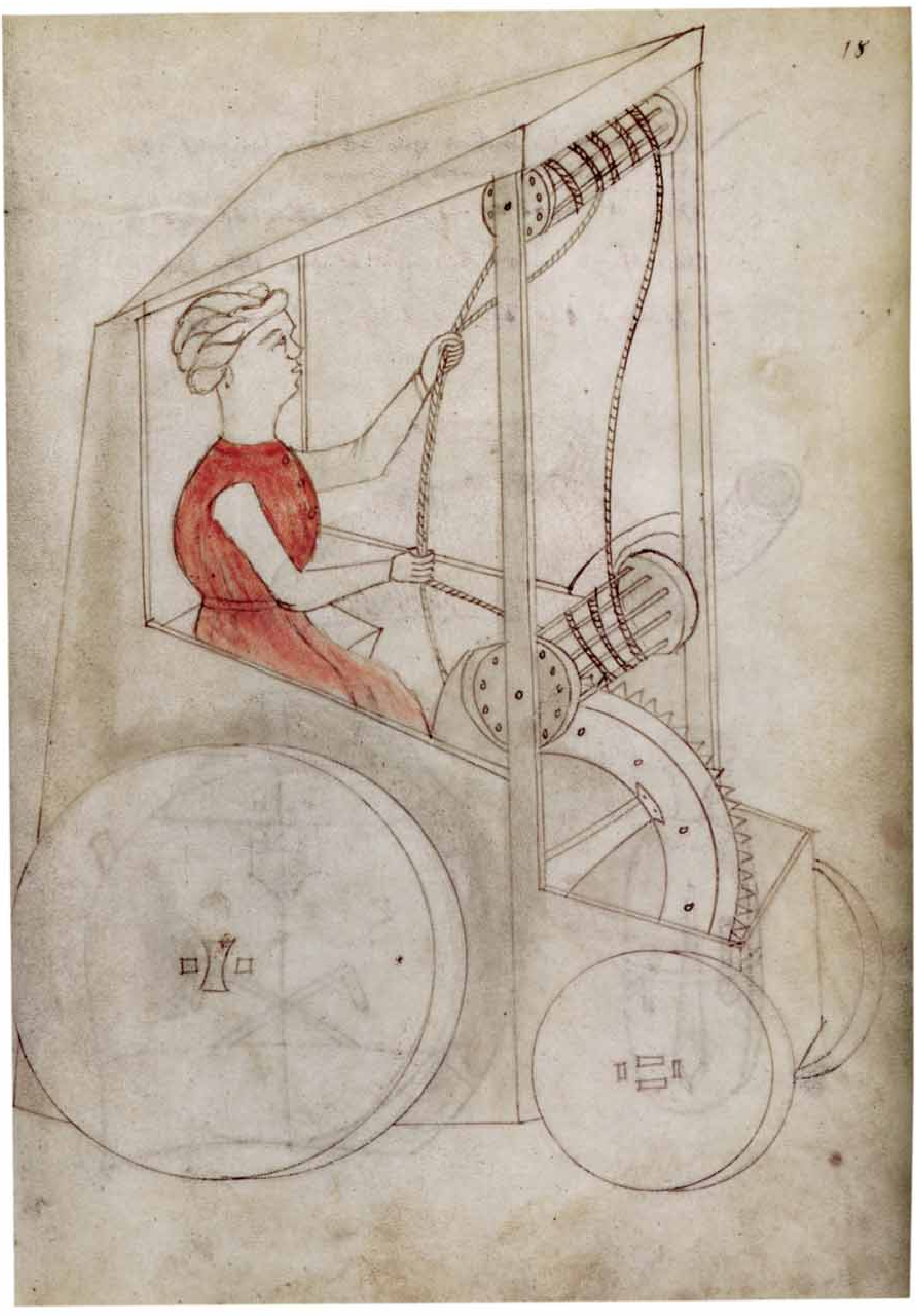




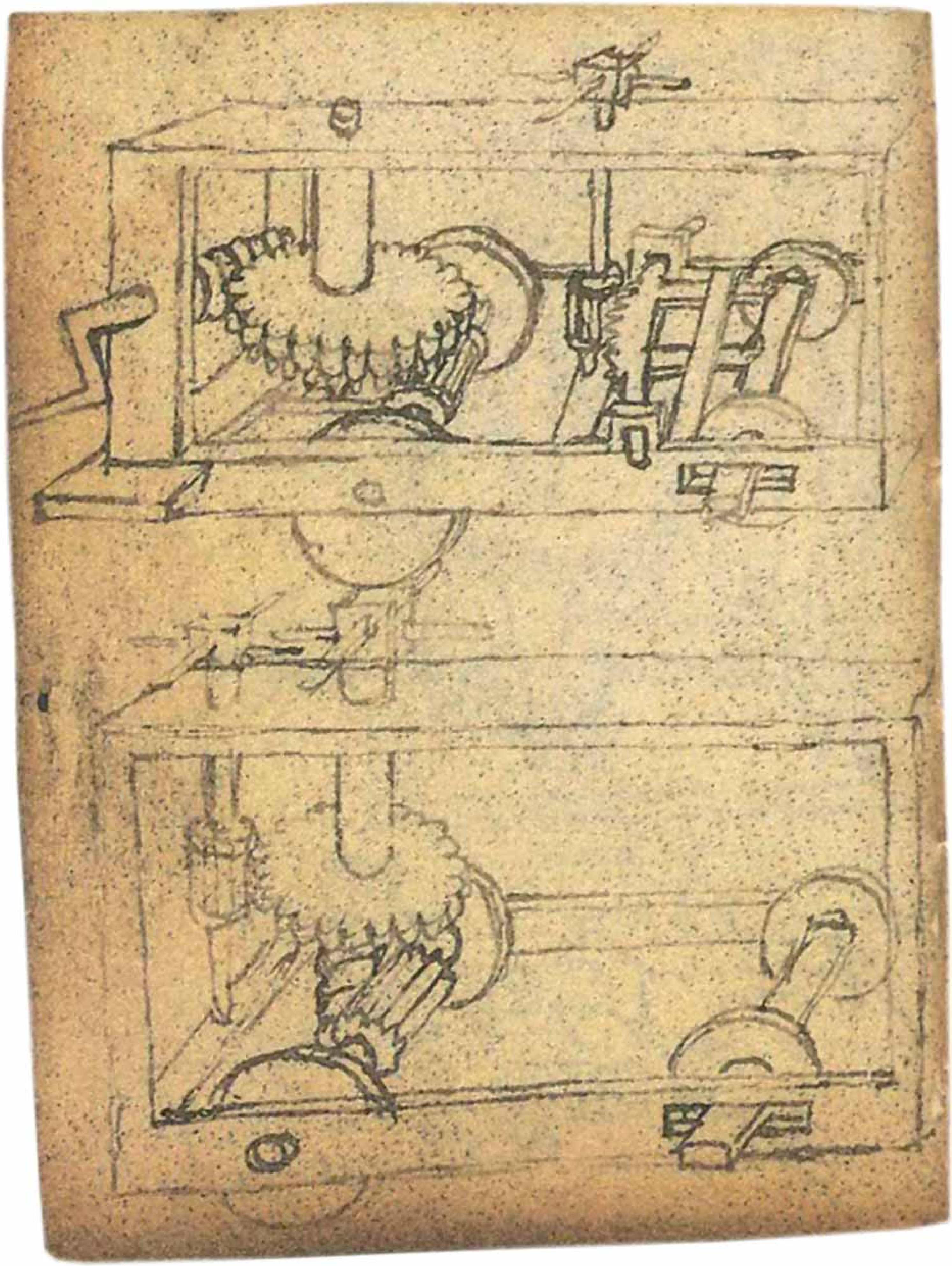
Philipp Mönch, Codex Palatino Germanica (CPG) 126, fol. 16v (sopra) e 30r (sotto)



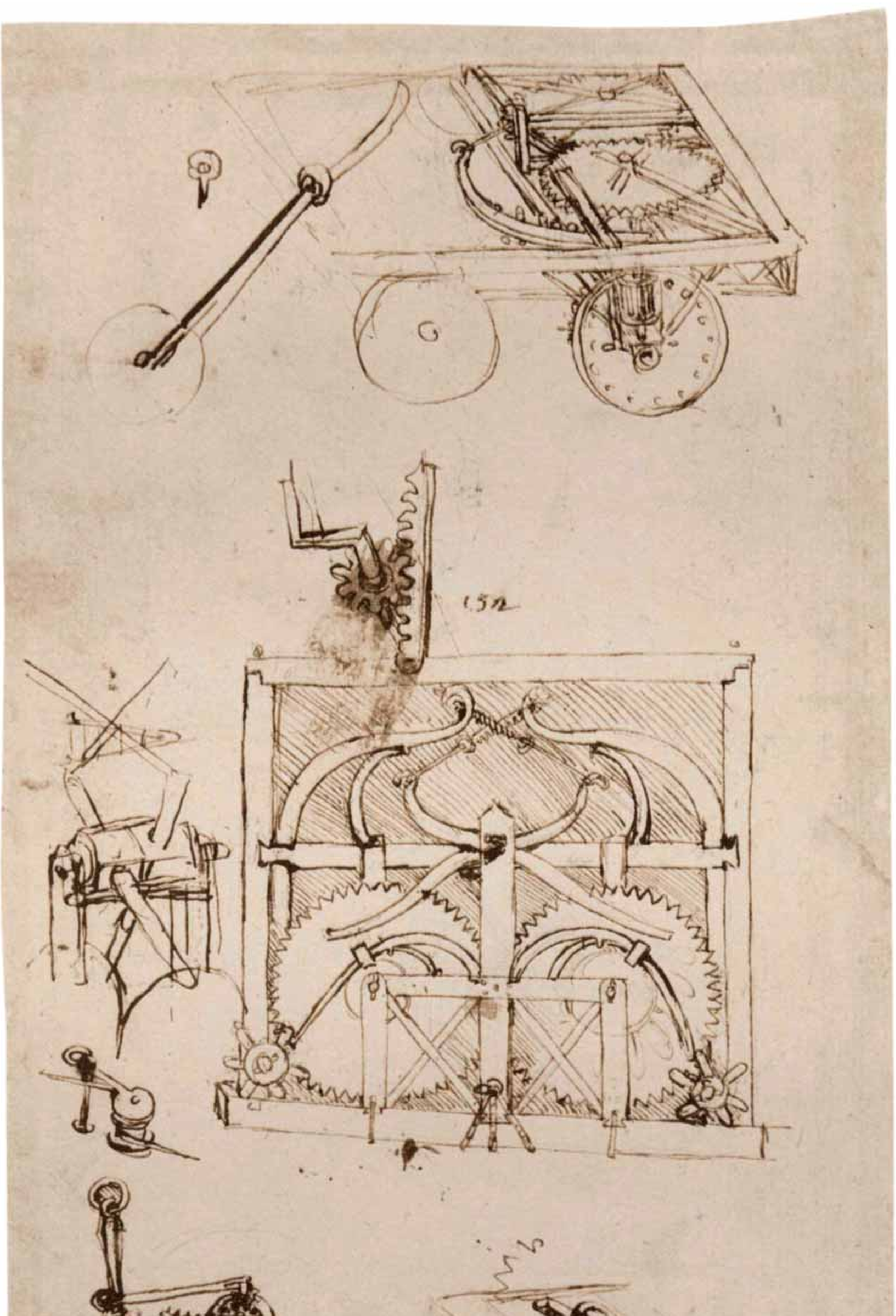
Roberto Valturio, De re militari. Parigi, Bibliothèque Nationale, lat. 7236, fol. 129



Johannes Fontana, Cod. Icon. 242, fol. 18r



Francesco di Giorgio Martini, Vat. Urb. Lat. 1757, fol. 118v

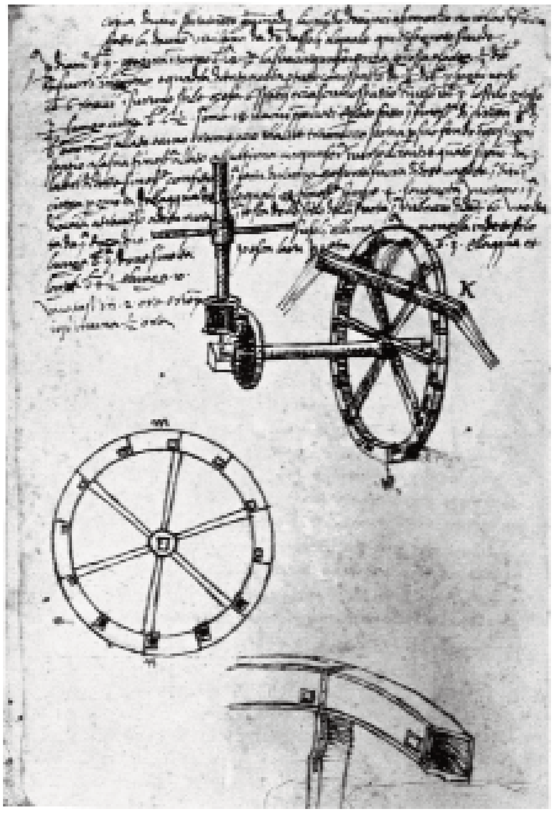


Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 812r

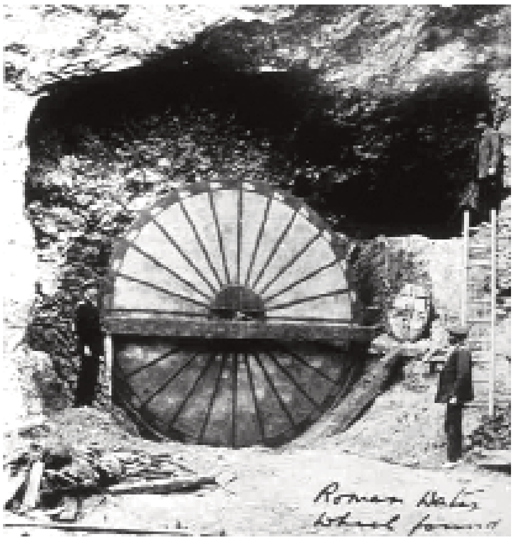
1. RUOTE IDRAULICHE

1.1 Ruote idrauliche idrovore

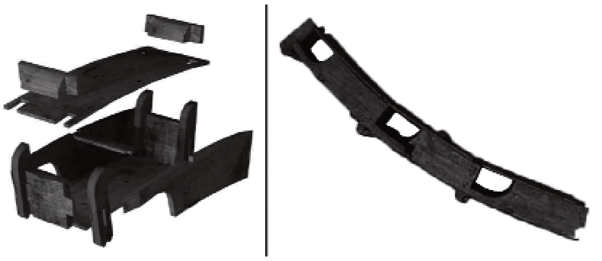
Una ruota di epoca imperiale romana, fu rinvenuta intatta in una miniera spagnola nel XIX secolo. Le sue cassette sono ricavate fra i due cerchioni, con fori d'inconfondibile forma geometrica. La medesima forma, in una medesima ruota per la medesima funzione, fu disegnata da Benvenuto di Lorenzo della Golpaia, (1446-1512) con la dicitura di essere: "copia di uno strumento che mandò Lionardo da Vinci a Bernardo Anciellai di Francia." Ovvio concludere che Leonardo doveva aver conosciuto le norie romane spagnole, o per lo meno quelle che ancora ad esse si ispiravano tramandandone connotazioni e funzioni.



1.



2.

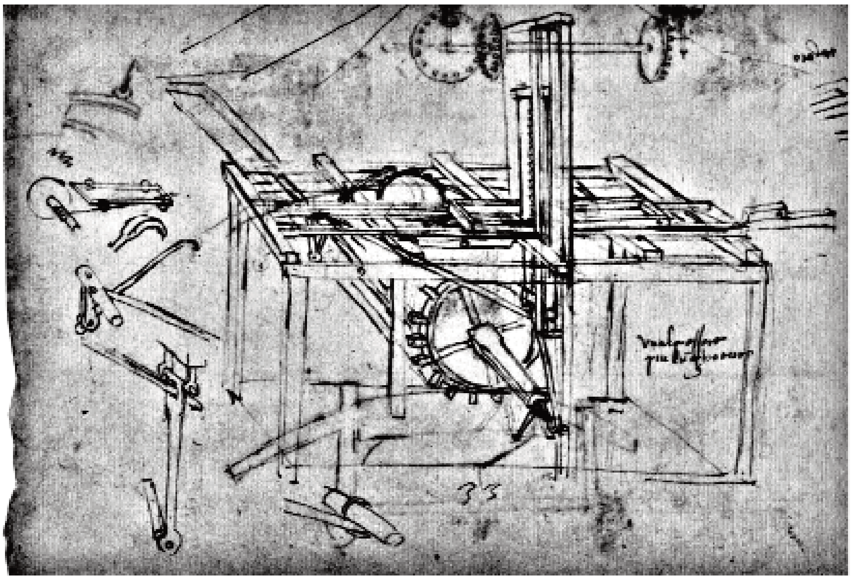


3.

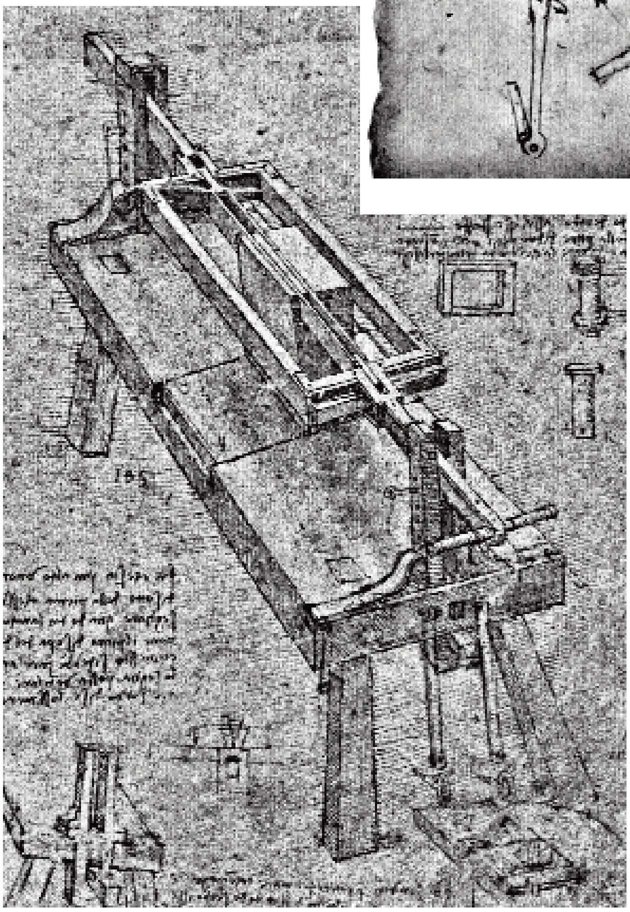
Riferimenti iconografici: *1. Copia tratta del codice marciano di Benvenuto della Golpaia, identica al fol. 93v del Manoscritto G di Leonardo da Vinci; 2. Foto della fine del XIX sec. scattata al ritrovamento della ruota-noria in una miniera del Rio Tinto, Spagna; 3. Vari reperti della macchina.*

1.2 Ruote idrauliche per l'industria: la sega idraulica

Per le costruzioni medievali di macchine o di strutture edili il Medioevo richiese enormi quantità di legname, sotto forma di travi, tavoloni e doghe. Non stupisce, pertanto, che seghe mosse da ruote idrauliche siano state immaginate e disegnate da tutti i tecnici dell'epoca, tanto più che già erano state a lungo utilizzate dai Romani, sia per tagliare il legname che il marmo. Al riguardo è interessante osservare che la sega per il marmo di Leonardo, azionata a mano, è identica a quella romana idraulica.

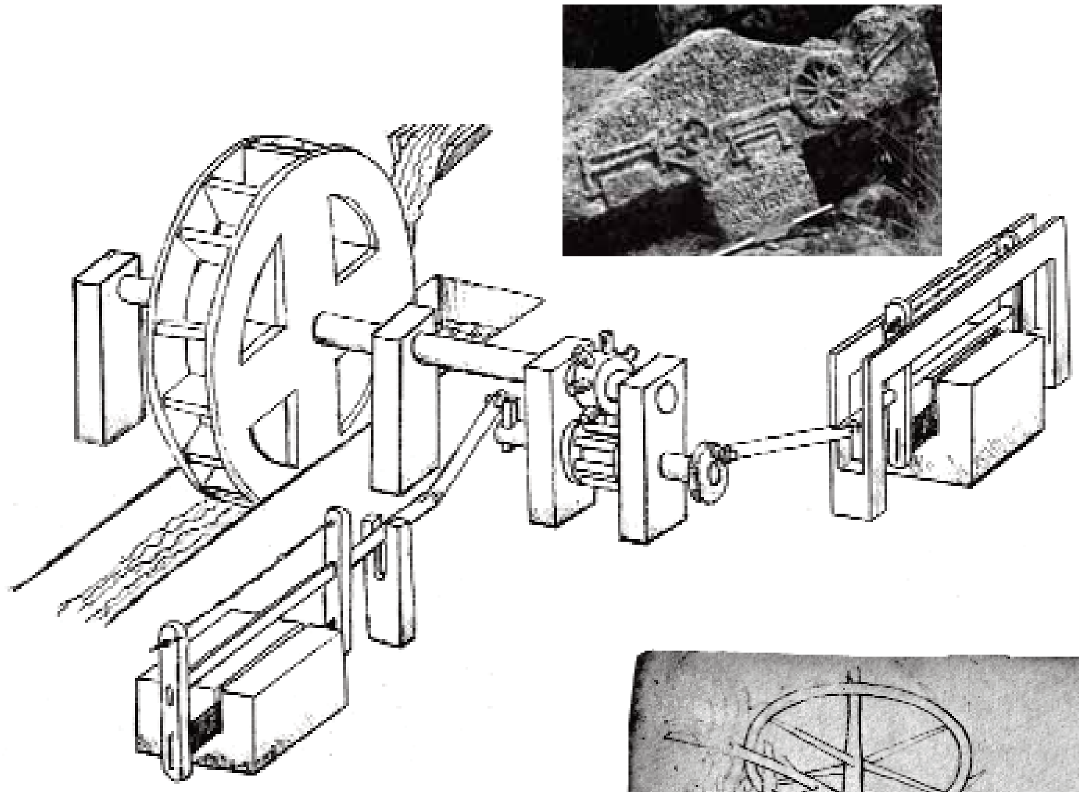


1.

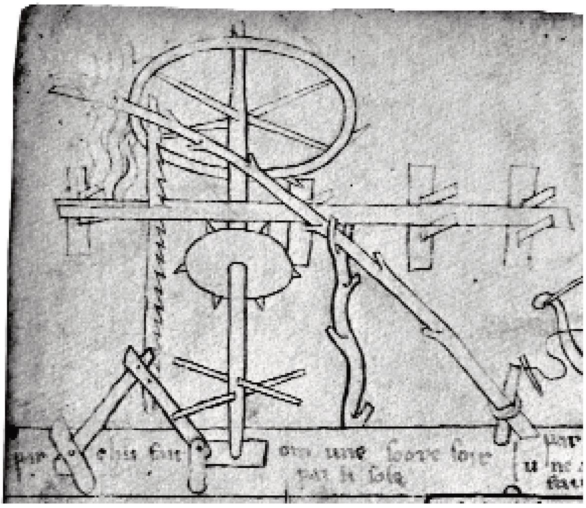


2.

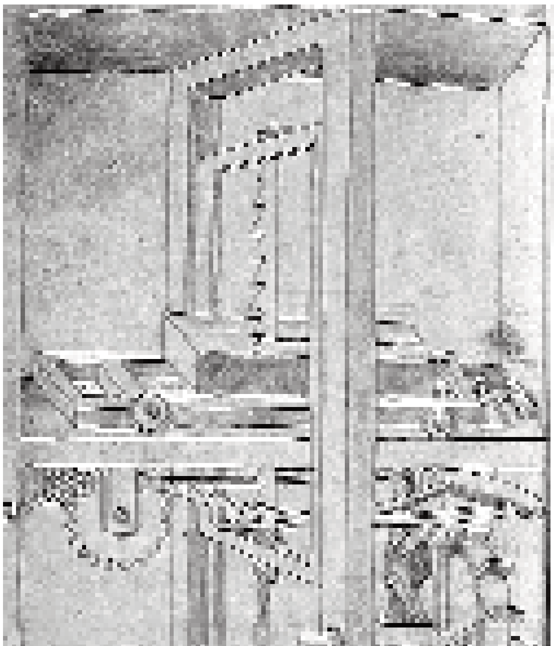
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 1078r, dett.; 2. Idem, fol. 2r, dett.; 3. Ricostruzione schematica del bassorilievo di Hierapolis (v. pag. 160); 4. Villard de Honnecourt, BNdF, MS fr 19093; 5. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 88, dett.; 6. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 48v, dett..*



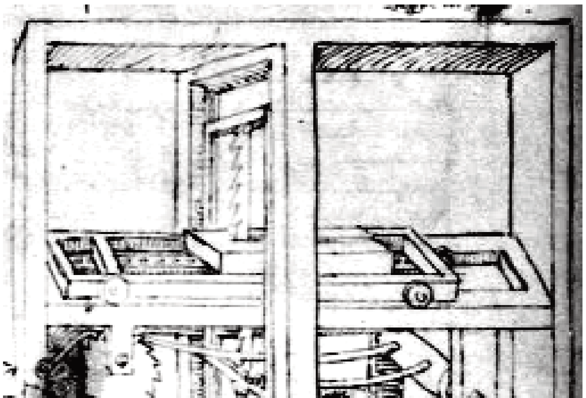
3.



4.



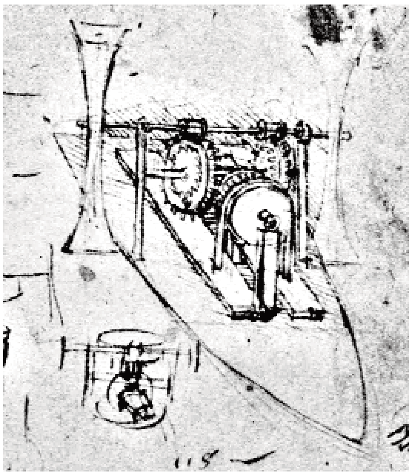
5.



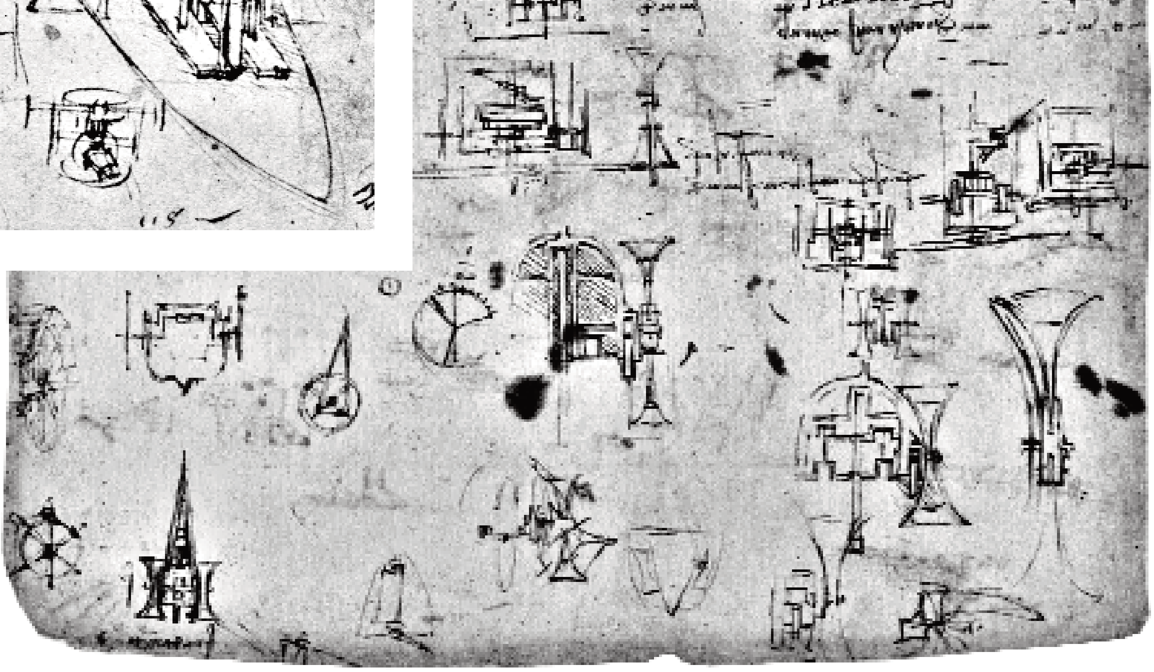
6.

1.3 Barche a ruota

L'idea che i molti remi disposti uno a fianco all'altro, tipici delle poliremi, potessero essere sostituiti da altrettanti disposti però come raggi intorno ad un mozzo, è antica. La prima esposizione pervenutaci è del IV secolo, relativa alla liburna a ruota dell'Anonimo del De rebus bellicis. La concezione può considerarsi una variante sia dell'odometro navale di Vitruvio, che del mulino galleggiante, non presente nei disegni di Leonardo: da notare che la forma delle pale da lui disegnate, non ne consente la rotazione. Ampio, comunque, il campionario tra i predecessori ed i contemporanei.

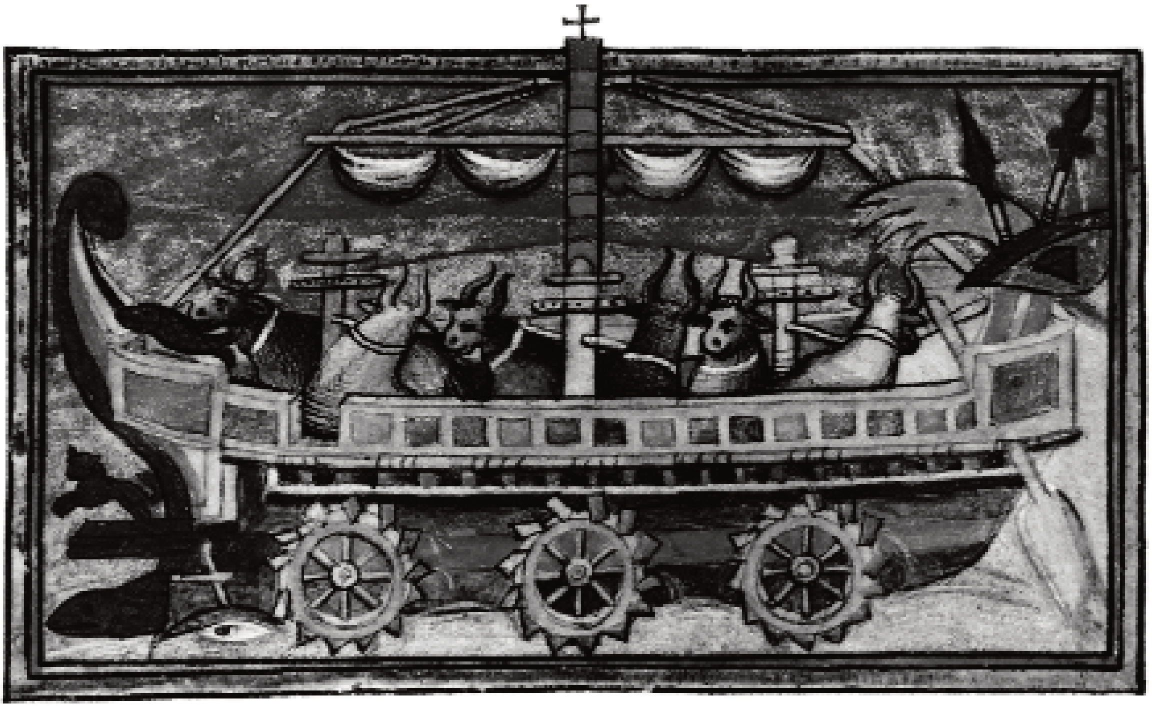


1.

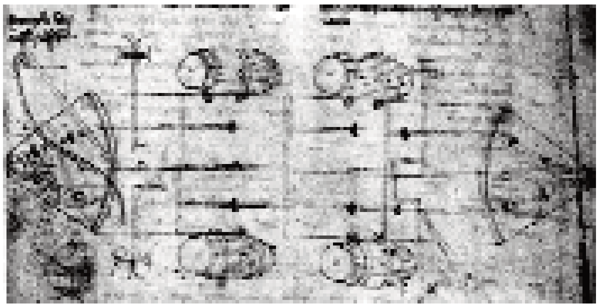


2.

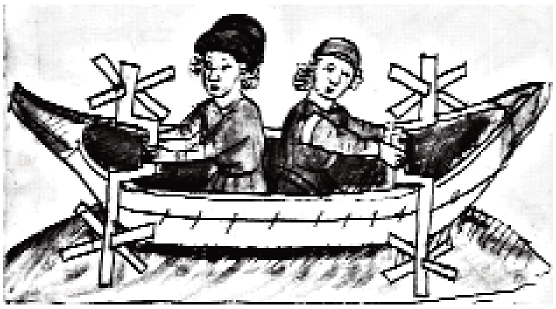
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 945r, dett.; 2. Idem, fol. 1063r; 3. Anonimo, De rebus bellicis, IV sec. d.C.; 4. Guido da Vigevano, Texaurus Regis Francie, fol. 49v, dett.; 5. Anonimo della guerra Ussita, fol. 17v, dett.; 6. Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum libri, fol. 58r; 7. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 216v; 8. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 134.*



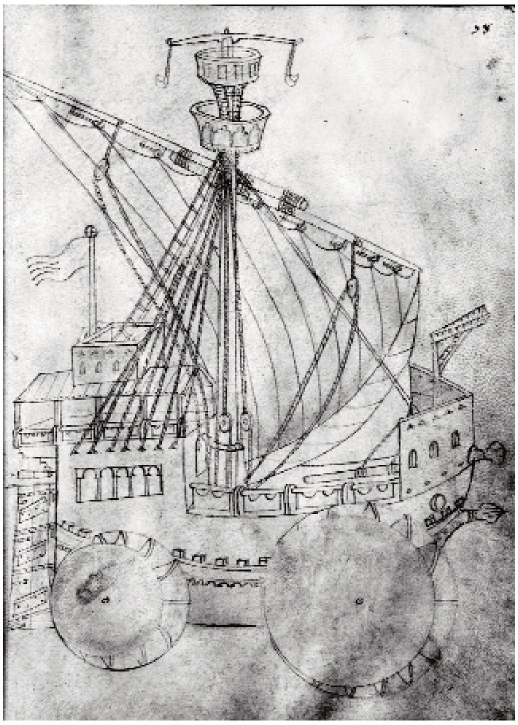
3.



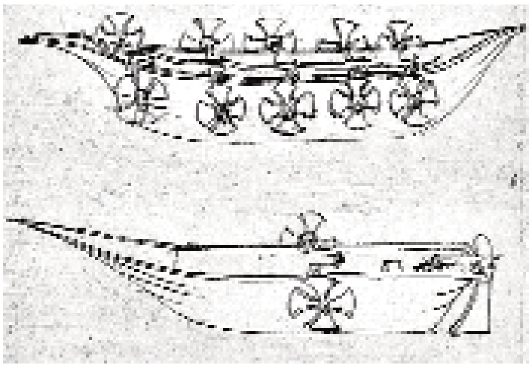
4.



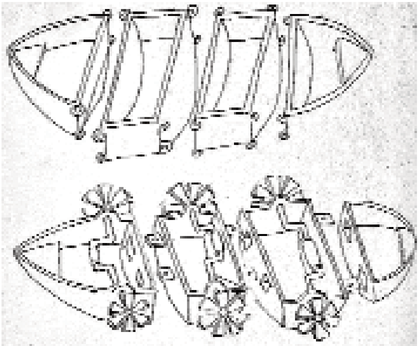
5.



6.



7.

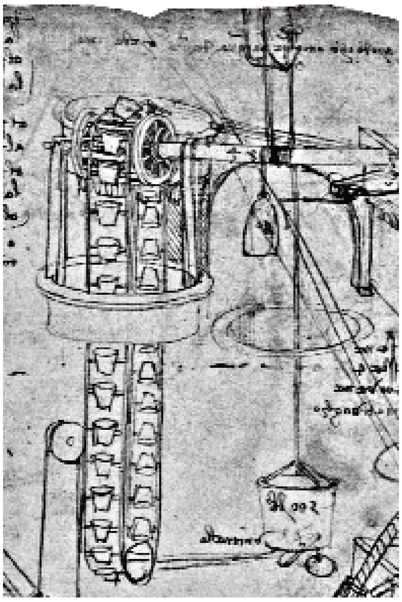


8.

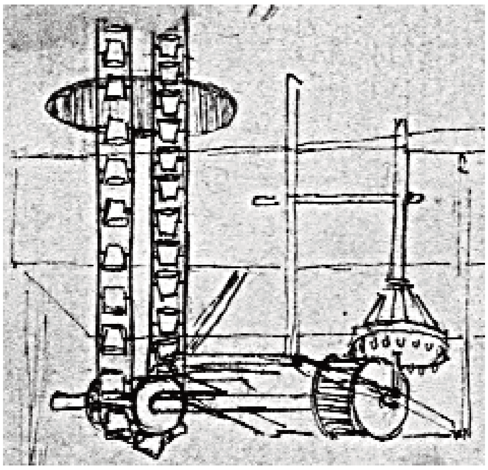
2. POMPE IDRAULICHE

2.1 Pompe a catena

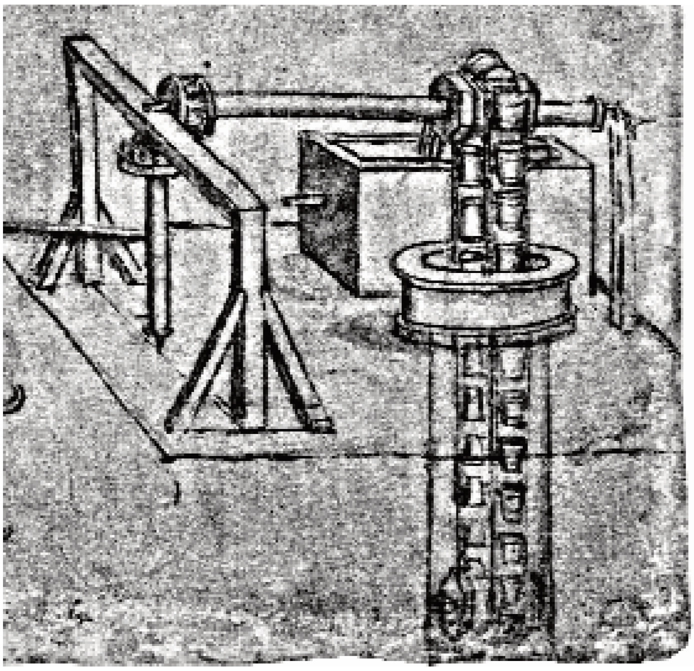
Norie e pompe sollevavano entrambe l'acqua. Le differenze erano relative alla quantità ed al tempo d'impiego, rilevanti nelle prime e scarsi nelle seconde. Le pompe, infatti, per lo più servivano per esaurire l'acqua penetrata negli scafi delle navi, e per questa funzione furono inventate. In un secondo momento trovarono altri impieghi, la cui varietà determinò il vasto repertorio di pompe ereditato nel Medioevo, tra le quali quella a catena, di cui se ne sono trovati i resti anche alle terme di Ercolano, peraltro già descritte da Vitruvio.



1.



2.

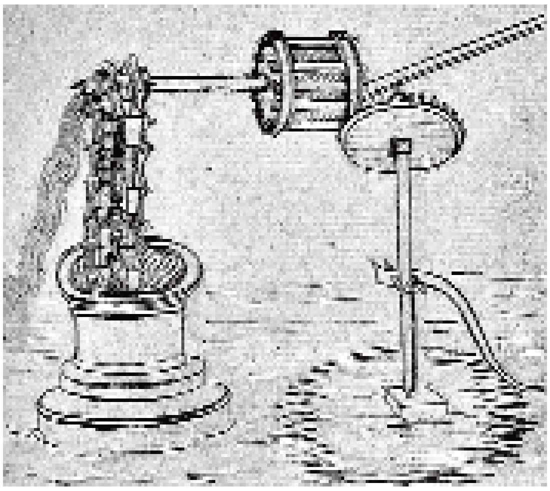


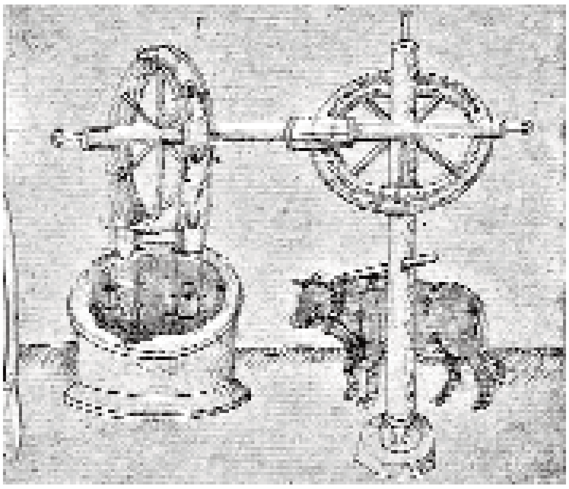
3.

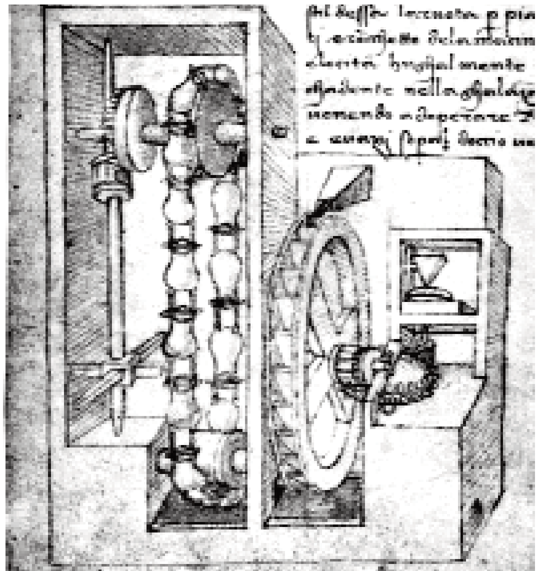
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 1069v, dett.; 2. Idem, fol. 7r, dett.; 3. Idem, fol. 6r, dett.; 4. Coppia di cuscinetti lenticolari rinvenuta ad Ercolano ed appartenente ad una pompa a catena; 5. Ricostruzione di una pompa a catena molto simile a quella di Ercolano; 6. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 108v; 7. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 31, dett.; 8. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 35v, dett.; 9. Anonimo di Weimar, fol. 38v.*

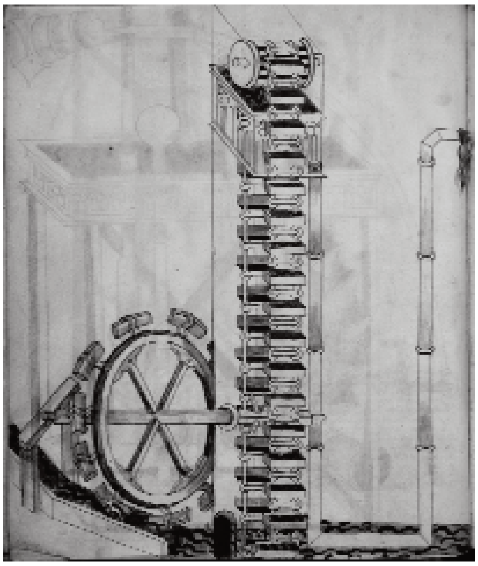
4.

5.


6.

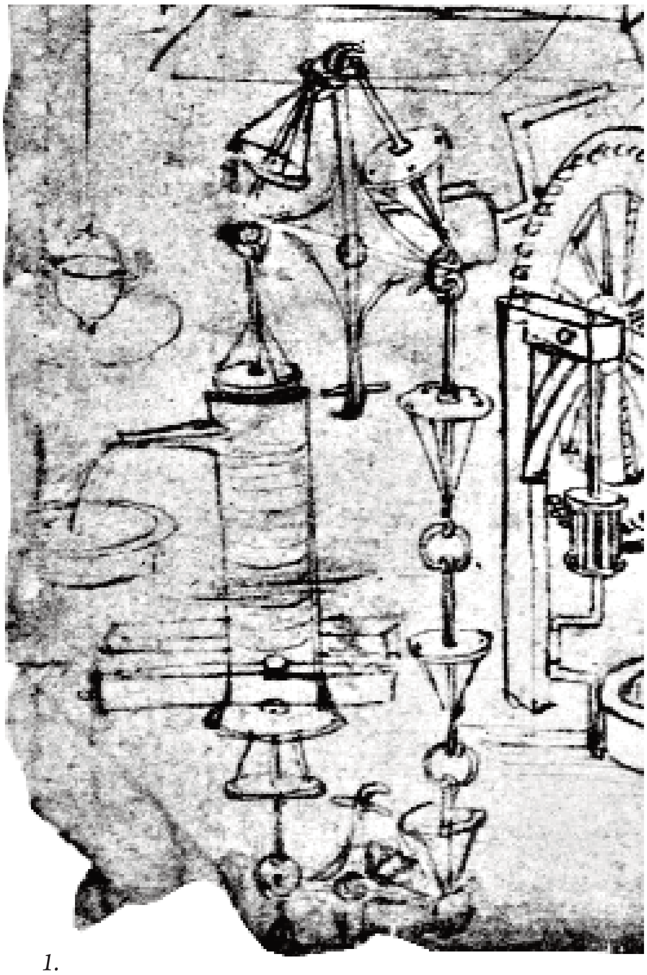

7.


8.

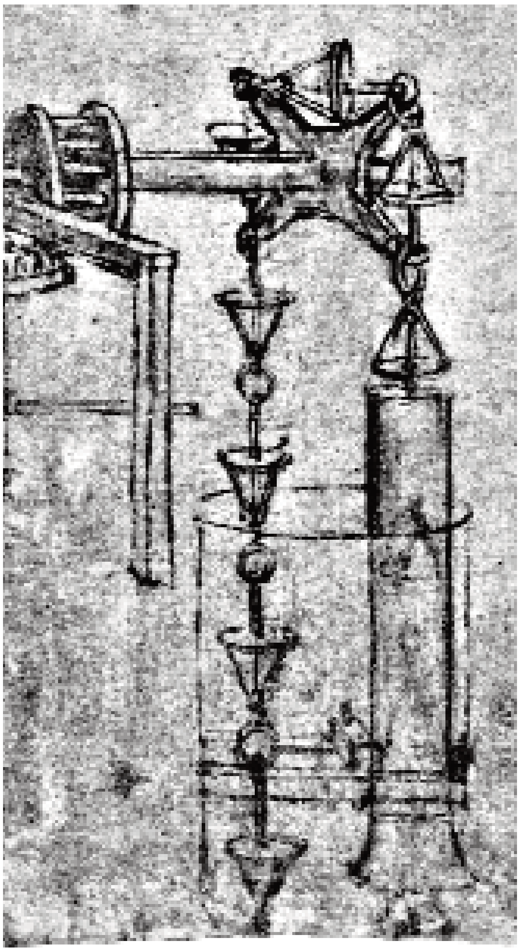

9.

2.2 *Pompe a bindolo*

Un altro tipo di pompa, nata per impiego navale e poi passata ad usi terrestri, è quella cosiddetta a *bindolo*. Un suo esemplare fu trovato su una delle navi di Nemi, ed altri su relitti di imbarcazioni di epoca imperiale. Leonardo ne diede la solita magistrale raffigurazione, preceduto ancora una volta da vari suoi colleghi.

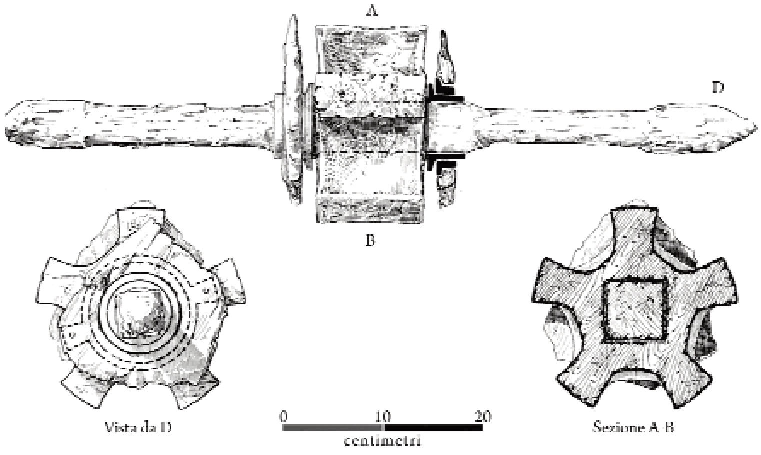


1.

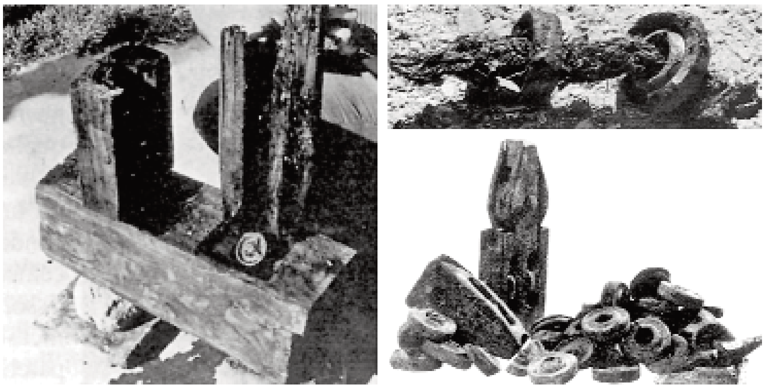


2.

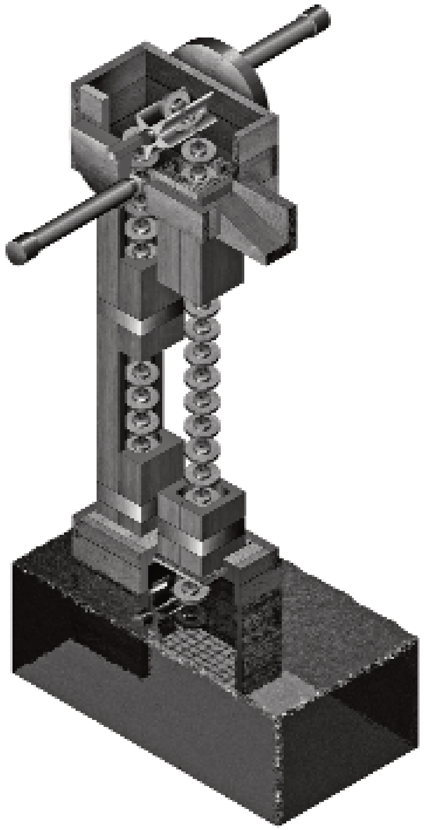
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 1069r, dett.; 2. Idem, fol. 6r, dett.; 3. Rilievi del reperto di pompa a bindolo rinvenuto su una nave di Nemi; 4. Altri resti di una pompa a bindolo rinvenuti nel relitto di epoca imperiale di St. Gervais II nel 1984. 5. Ricostruzione della pompa completa; 6. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 31, dett.; 7. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 48r, dett.*



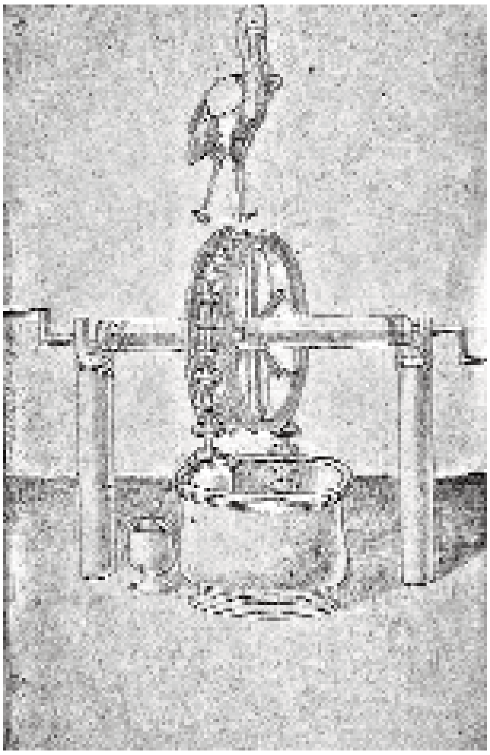
3.



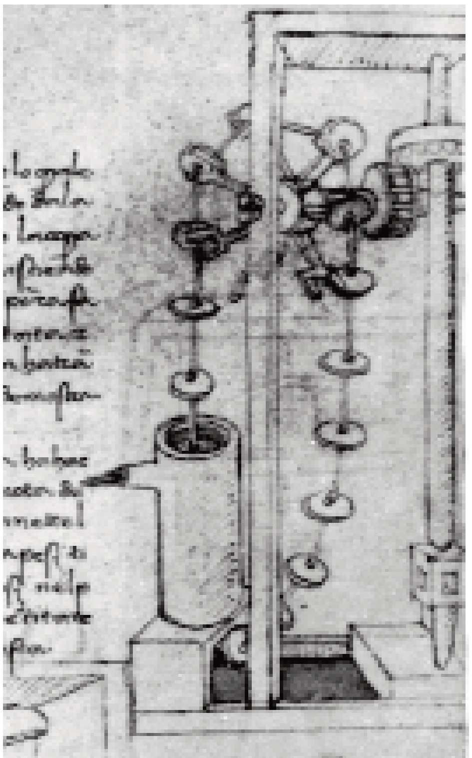
4.



5.



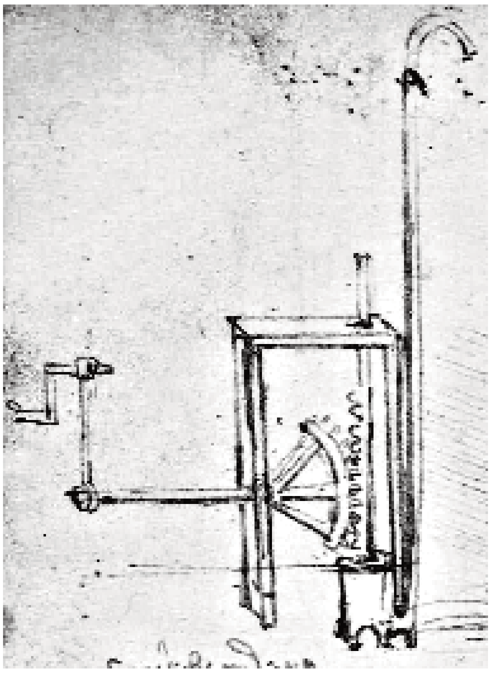
6.



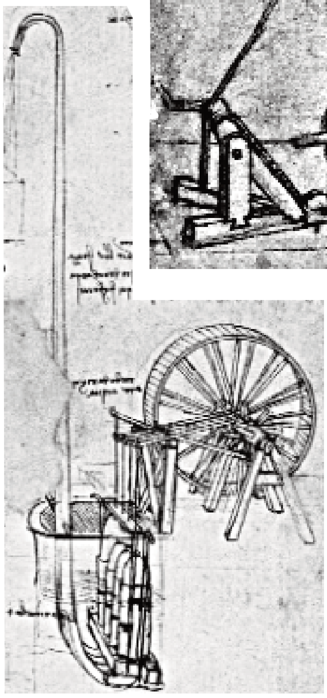
7.

2.3 Pompe a stantuffo

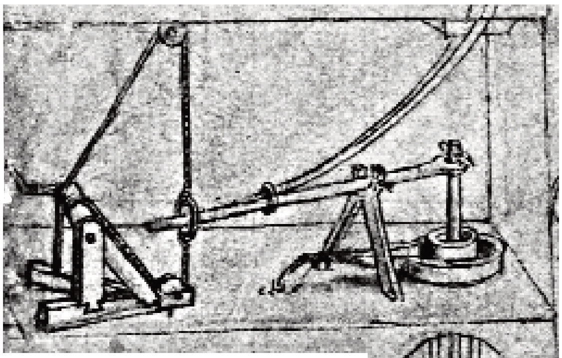
Essendo composta da due cilindri muniti di relativi stantuffi, fatti funzionare alternativamente per aspirare e comprimere, venne definita pompa a doppio effetto e la si attribuì a Ctesibio. Una ventina gli esemplari di epoca romana finora ritrovati, di diverse fogge e di diversi materiali, per impiego marittimo o terrestre. Quelle che compaiono nei disegni dei predecessori di Leonardo, tranne rare eccezioni, sono tali solo in apparenza: in alcune lo stantuffo, scendendo nel cilindro sommerso, si riempie d'acqua come un secchio, e la trattiene grazie ad una valvola di non ritorno. Estratto dal cilindro la scarica all'esterno attraverso un foro nello stesso. In altre scendendo fa risalire l'acqua in una sottile fessura ricava sul suo fianco fino a farla fuoriuscire. In entrambi i casi non vi è perciò compressione e aspirazione, come nelle vere pompe a doppio effetto: unica affinità il moto alternativo degli stantuffi. Leonardo, pur accennandole in diversi schizzi, non ne ha mai eseguito un dettagliato disegno.

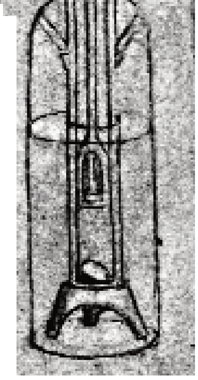


1.



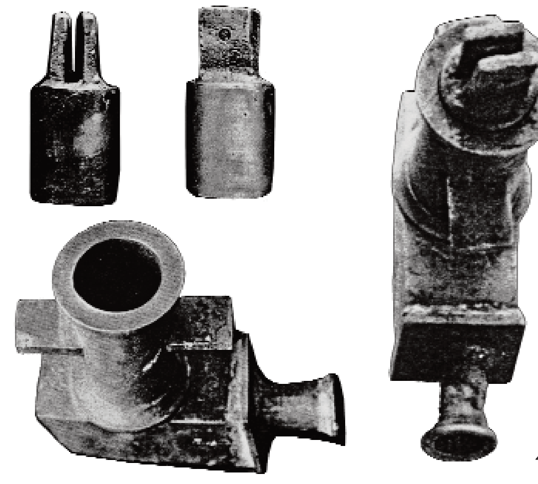
2.



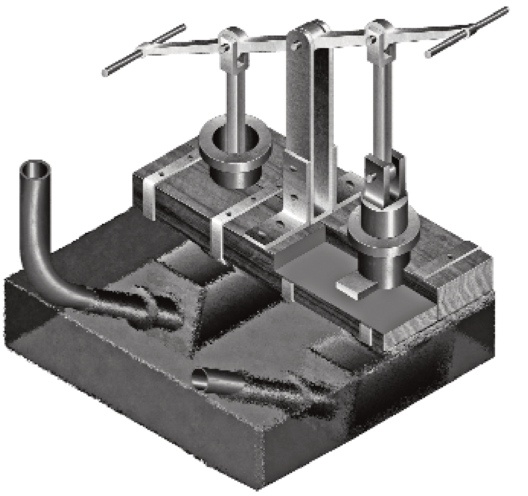


3.

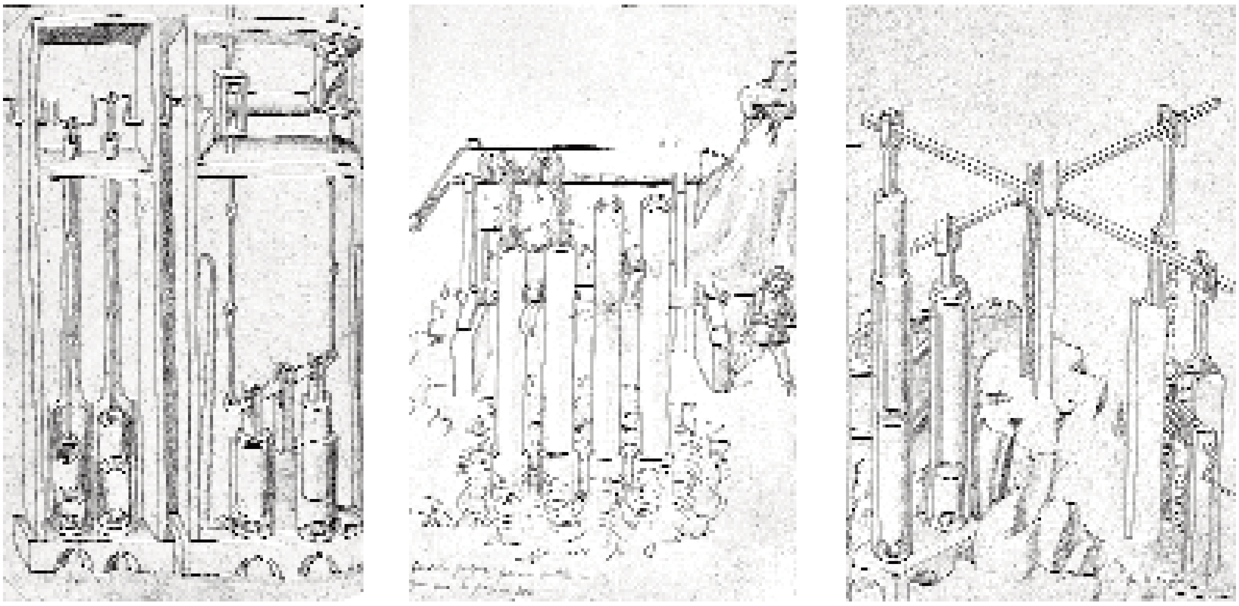
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Ms. B, fol. 53v, dett.; 2. Idem, codice Atlantico, fol. 7r, dett.; 3. Idem, fol. 6r, dett., pseudo pompa a doppio effetto; 4. Elementi di pompe romane a doppio effetto da un relitto del Golfo del Leone, Francia. 5. Ricostruzione virtuale dell'intera pompa. 6. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), da destra fol. 49, 46 e 50; 7. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 45v, dett..*



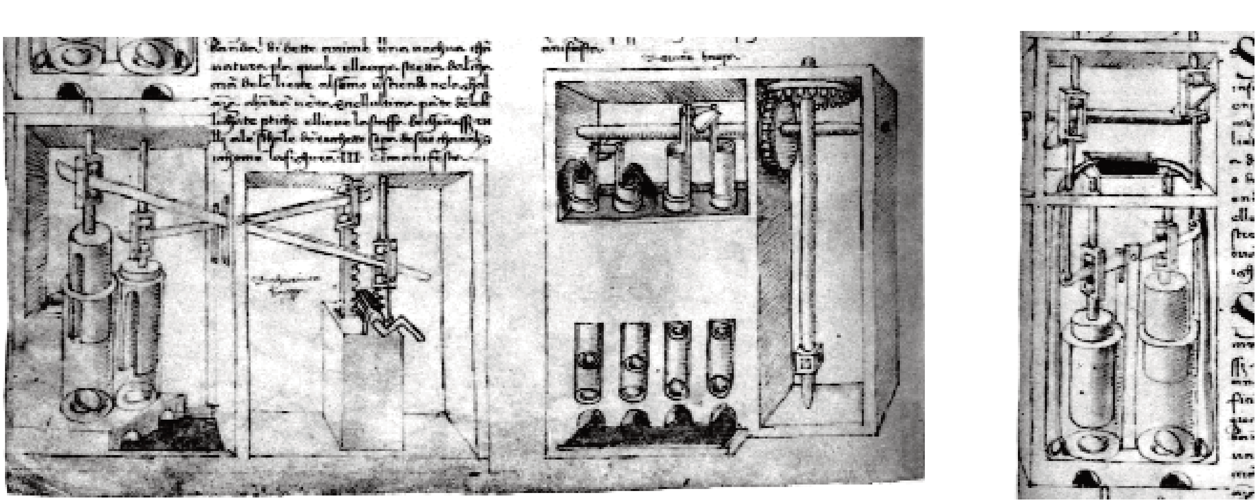
4.



5.



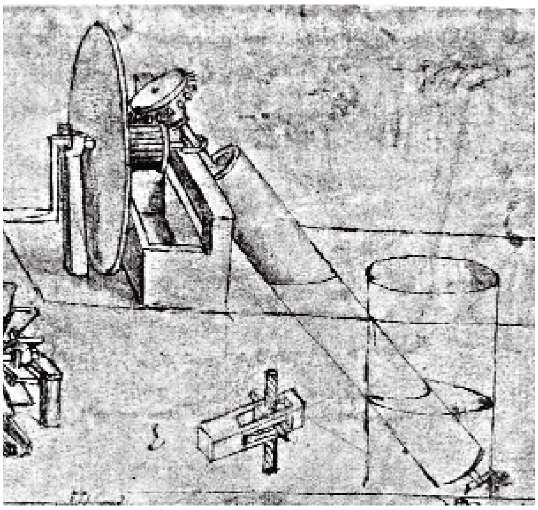
6.



7.

2.4 Pompe a coclea

Detta anche a vite di Archimede, deriva il nome dal suo presunto inventore. Forse ebbe un precedente nella vite di Archita (IV sec. a.C.) dedotta dal guscio di alcuni gasteropodi. Di certo una pompa del genere era impiegata in Egitto già molti secoli prima, dove peraltro lo è ancora. Per la sua flessibilità d'impiego, trovò svariate applicazioni, molte delle quali conserva e molte altre le ha trovate di recente. Vitruvio ne fornì il metodo di costruzione. Leonardo la disegnò più volte ed in diverse fogge, come del resto anche quasi tutti i suoi predecessori.



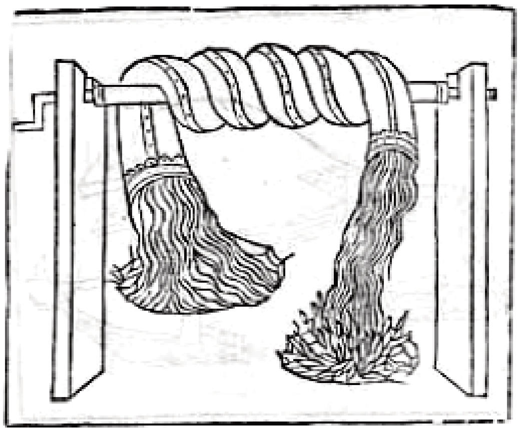
1.

2.

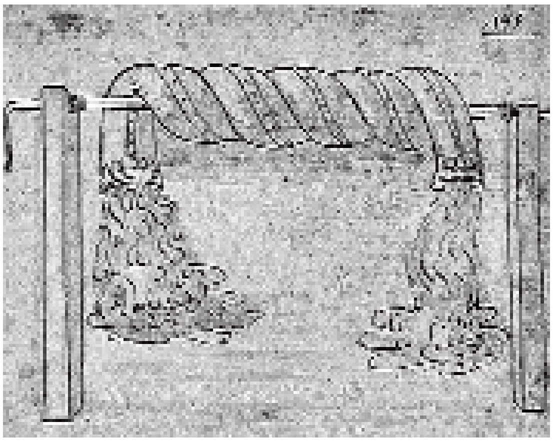
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 1069r, dett.; 2. Idem, fol. 6r, dett.; 3. Affresco pompeiano con raffigurata la vite di Archimede; 4. Statuetta egizia datata intorno al 30 a.C., da notare in basso la vite d'Archimede. 5. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 424; 6. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 195r; 7. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 147r; 8. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 47r, dett..*

3.

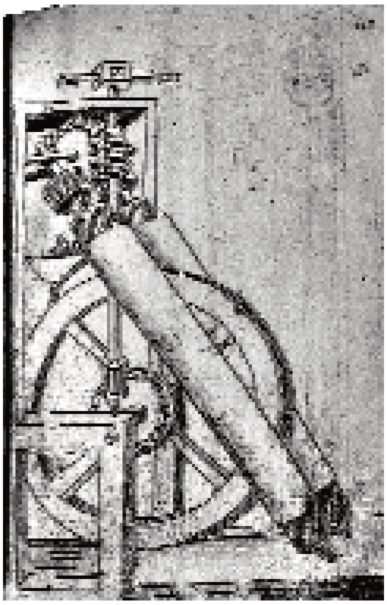
4.



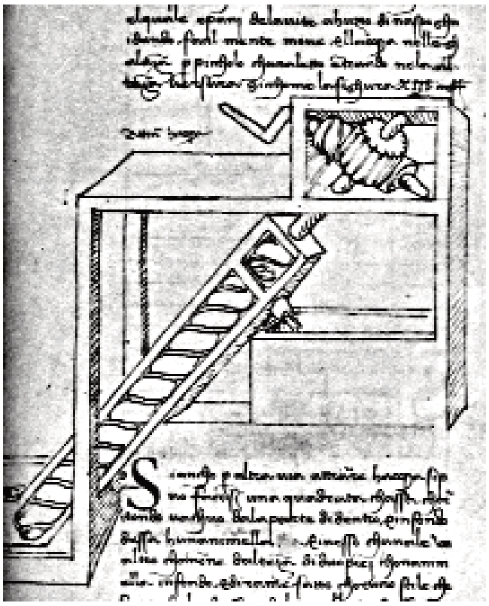
5.



6.



7.



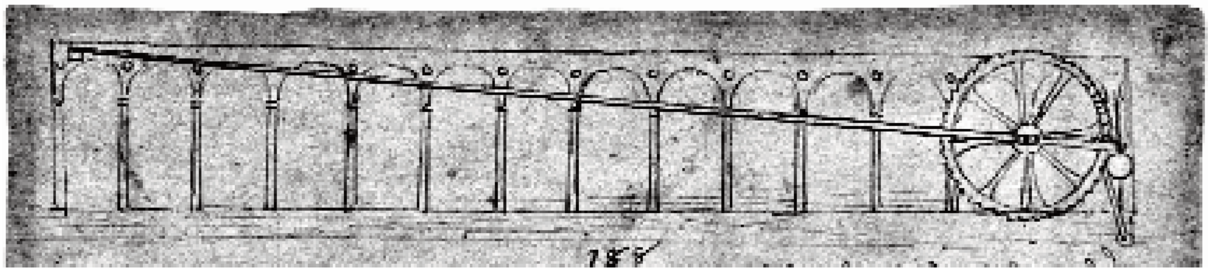
8.

3. ACQUEDOTTI E SIFONI

3.1 Acquedotti e sifoni

La conduzione delle enormi quantità d'acqua potabile necessarie alle città venne risolta dai Romani con la costruzione di grandi canali, veri fiumi artificiali correnti a pendenza costante, sia pure lievissima. Il che comportò il traforo di colline e lo scavalcamento delle valli con lunghe teorie di archi spesso di più ordini sovrapposti. Quando si frapponevano ostacoli troppo severi, quali profonde forre, vennero adottati i sifoni. Si potevano superare così dislivelli di oltre 200 m con condotte forzate di notevole resistenza, di cui permangono i ruderi. Anche Leonardo al pari dei suoi predecessori studiò e disegnò acquedotti a pelo libero e soprattutto con sifoni.

1.

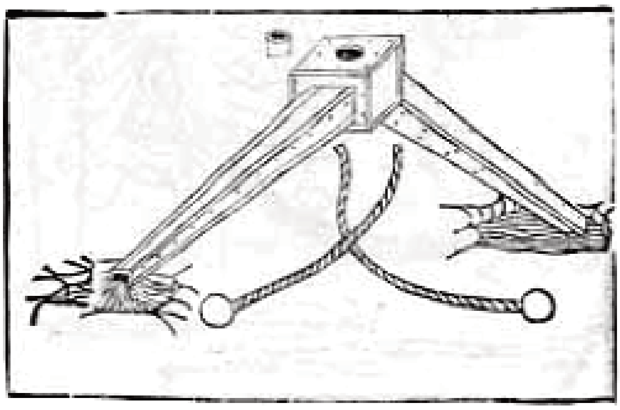


2.

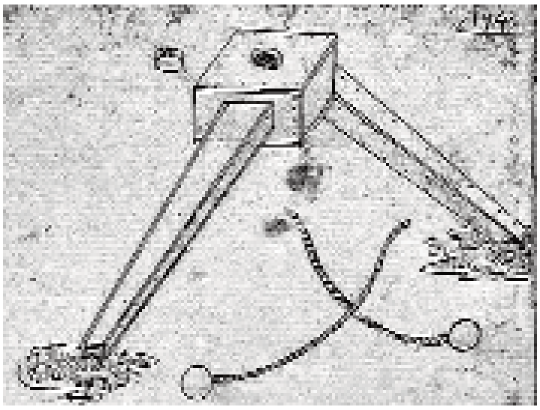
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Ms. B, fol. 26r, dett.; 2. Idem, codice Atlantico, fol. 375r, dett.; 3. Elmenti di condotta forzata di epoca romana; 4. L'acquedotto romano di Segovia; 5. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 422; 6. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 194r; 7. Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum libri, fol. 26v; 8. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 35v, dett.; 9. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 31, dett..*

3.

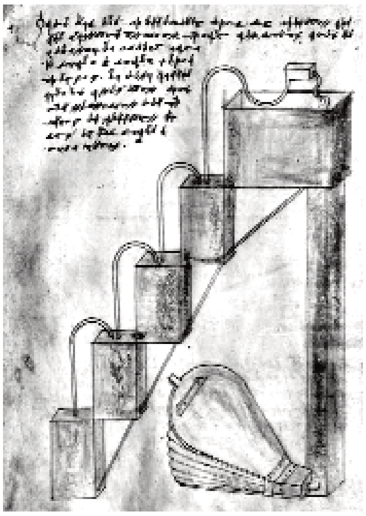
4.



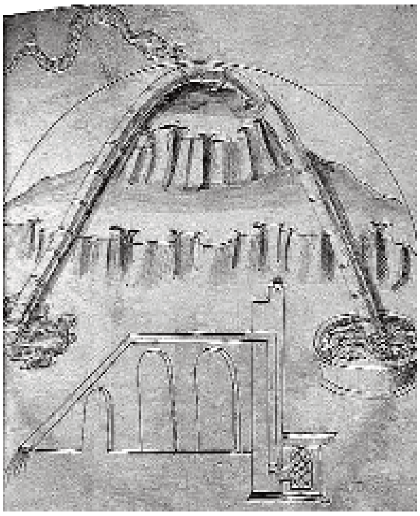
5.



6.



7.

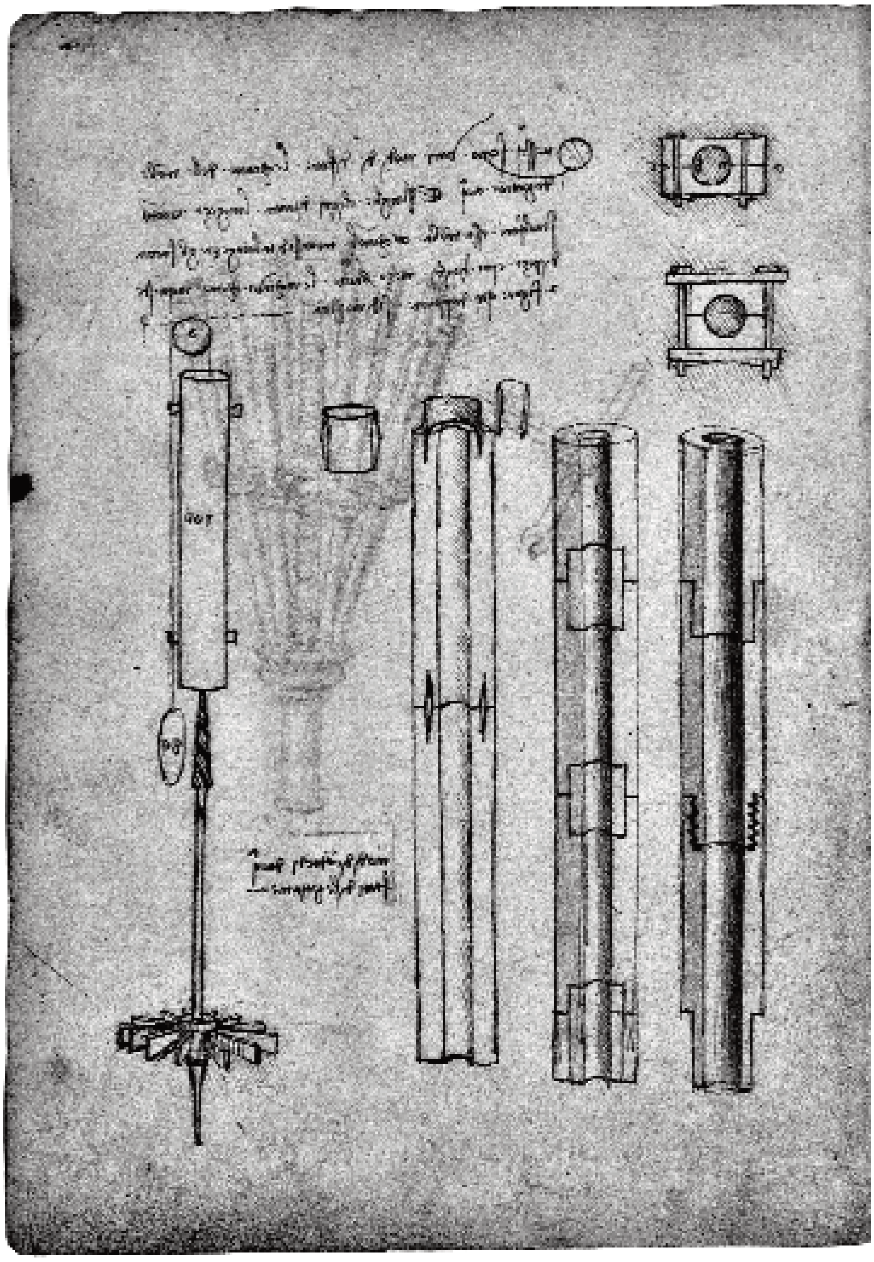


8.

9.

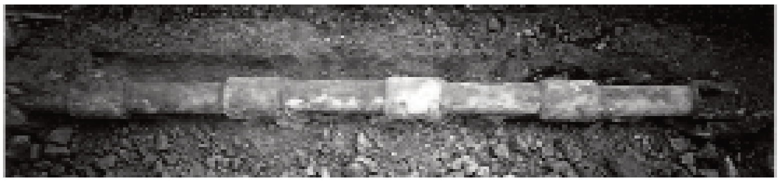
3.2 Tubi componibili in legno o in terracotta

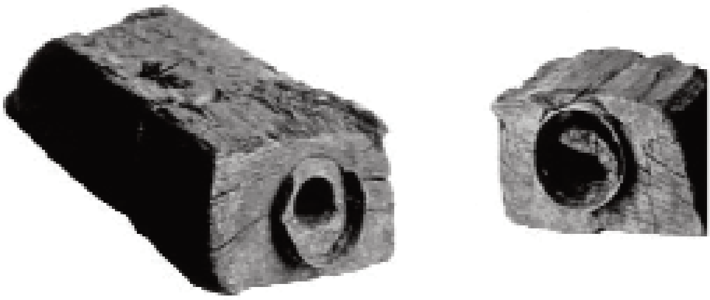
Indispensabili per la distribuzione dell'acqua in età classica se ne realizzarono di piombo, di terracotta e di legno. I più salubri si reputavano quelli di legno, che implicavano la precisa trapanazione longitudinale di un tronco. Allo scopo si costruirono apposite alesatrici in grado di forare aste di legno lunghe fino a sei metri, macchine che nel XV secolo erano ancora di uso corrente. Quanto ai giunti si ottenevano con collarini di lamiera metallica. Leonardo ripropone i tubi di legno e le relative macchine utensili. Il giunto, ben evidente nel dettaglio, è ancora lo stesso dei Romani, con il collarino di metallo ad innesto.



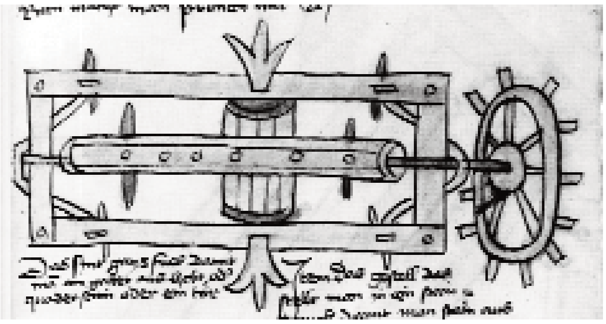
1.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 25v; 2. Segmenti di tubature di epoca romana in terracotta ed in legno di quercia con giuntaggi in lamiera di ferro; 3. Anonimo della guerra Ussita, fol. 15r; 4. Anonimo di Weimar, fol. 272r, dett.; 5. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 45r, dett.; 6. Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum libri, fol. 14v; 7. Mariano Taccola, De ingeneis, fol. 115v, dett..*

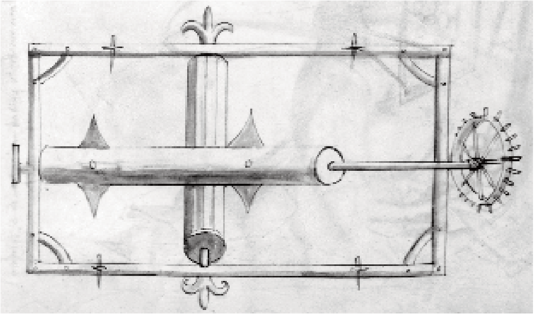




2.

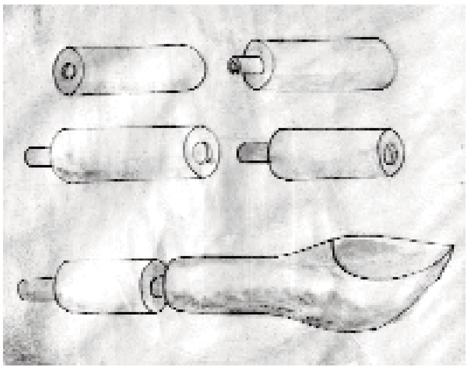


3.



4.

5.



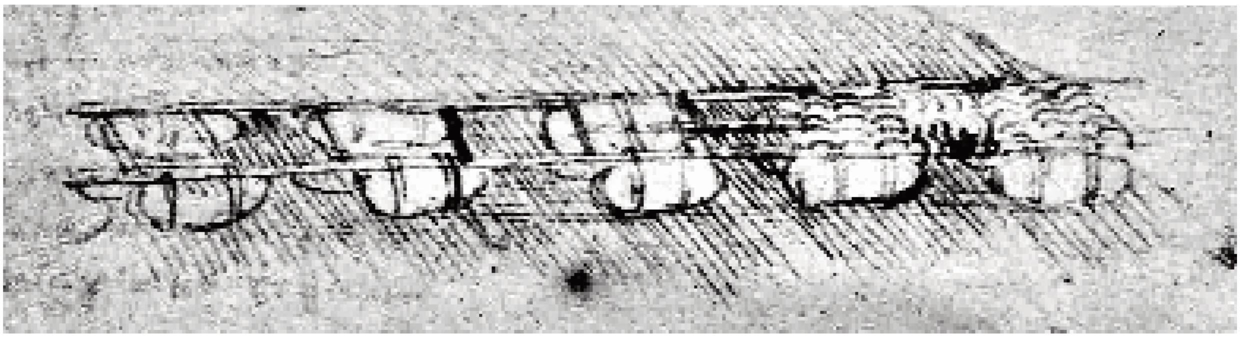
6.

7.

4. PONTI DI CIRCOSTANZA

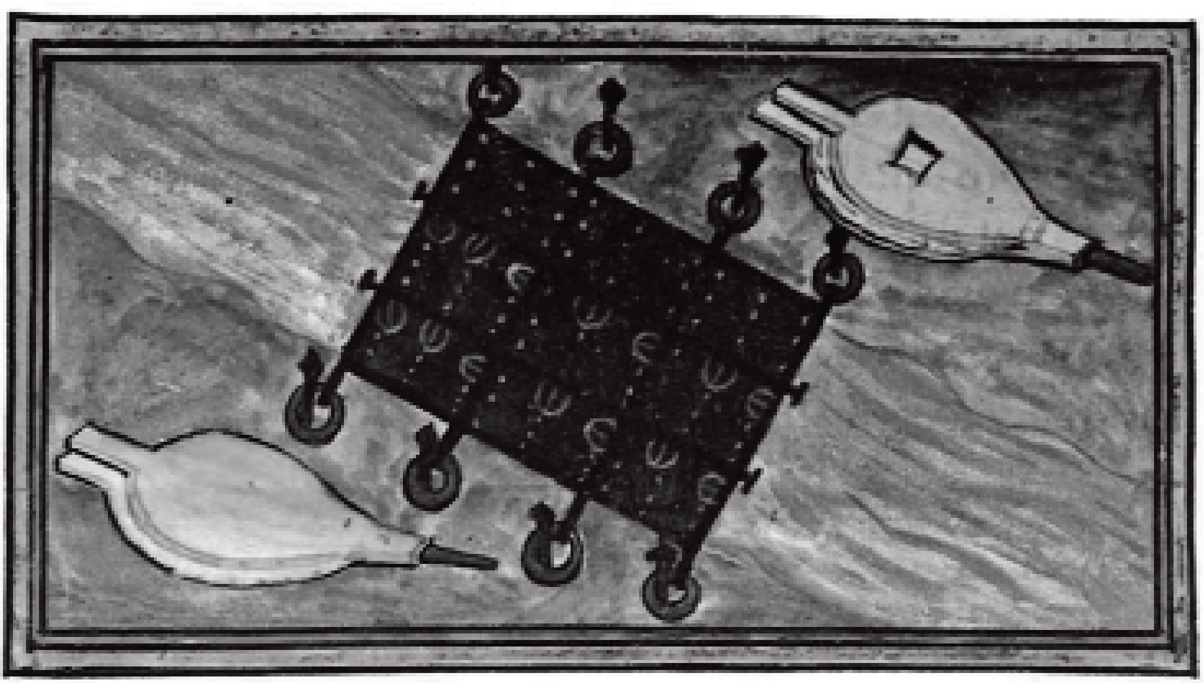
4.1 Ponti su galleggianti pneumatici

La costruzione dei cosiddetti ponti di circostanza, cioè di ponti prefabbricati o rapidamente realizzati con i materiali reperibili in loco, è stata sempre una delle principali incombenze degli ingegneri militari. Ne vennero elaborate numerose tipologie, alcune delle quali galleggianti con il tavolato posto su botti o su otri. Soluzioni già adottate dagli Assiri nel primo millennio a.C. e riproposte da Leonardo e da molti suoi predecessori.

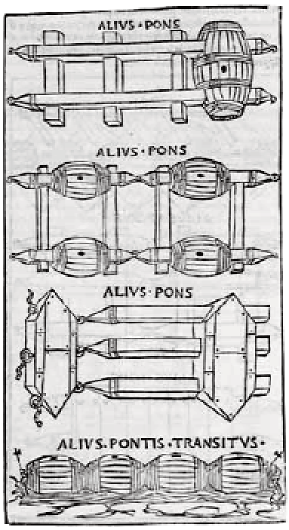


1.

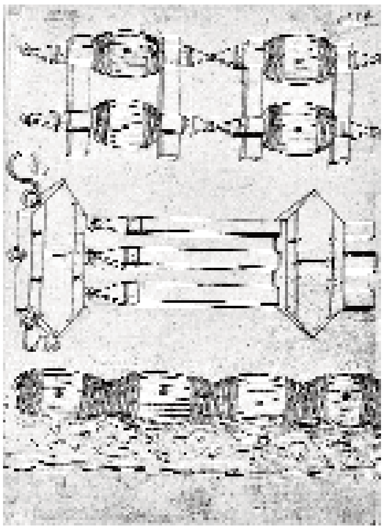
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Ms. B, fol. 62v, dett.; 2. Anonimo, De rebus bellicis, IV sec. d.C.; 3. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 500; 4. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 214r; 5. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 61r, dett.; 6. Anonimo della guerra Ussita, fol. 12r; 7. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 48, dett..*



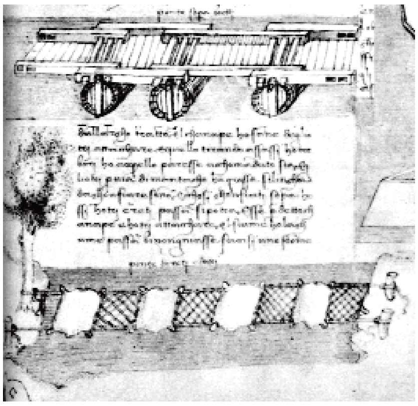
2.



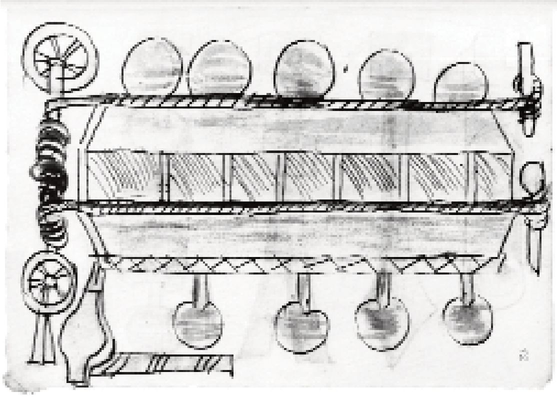
3.



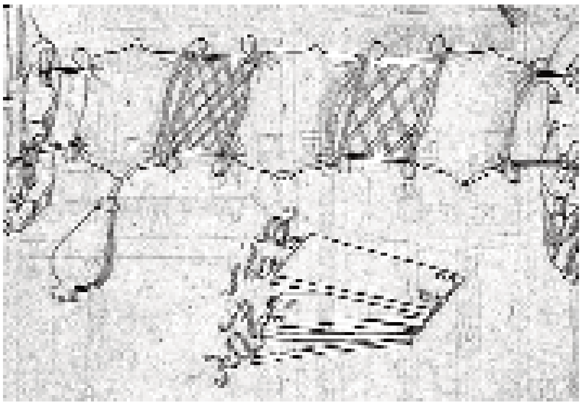
4.



5.



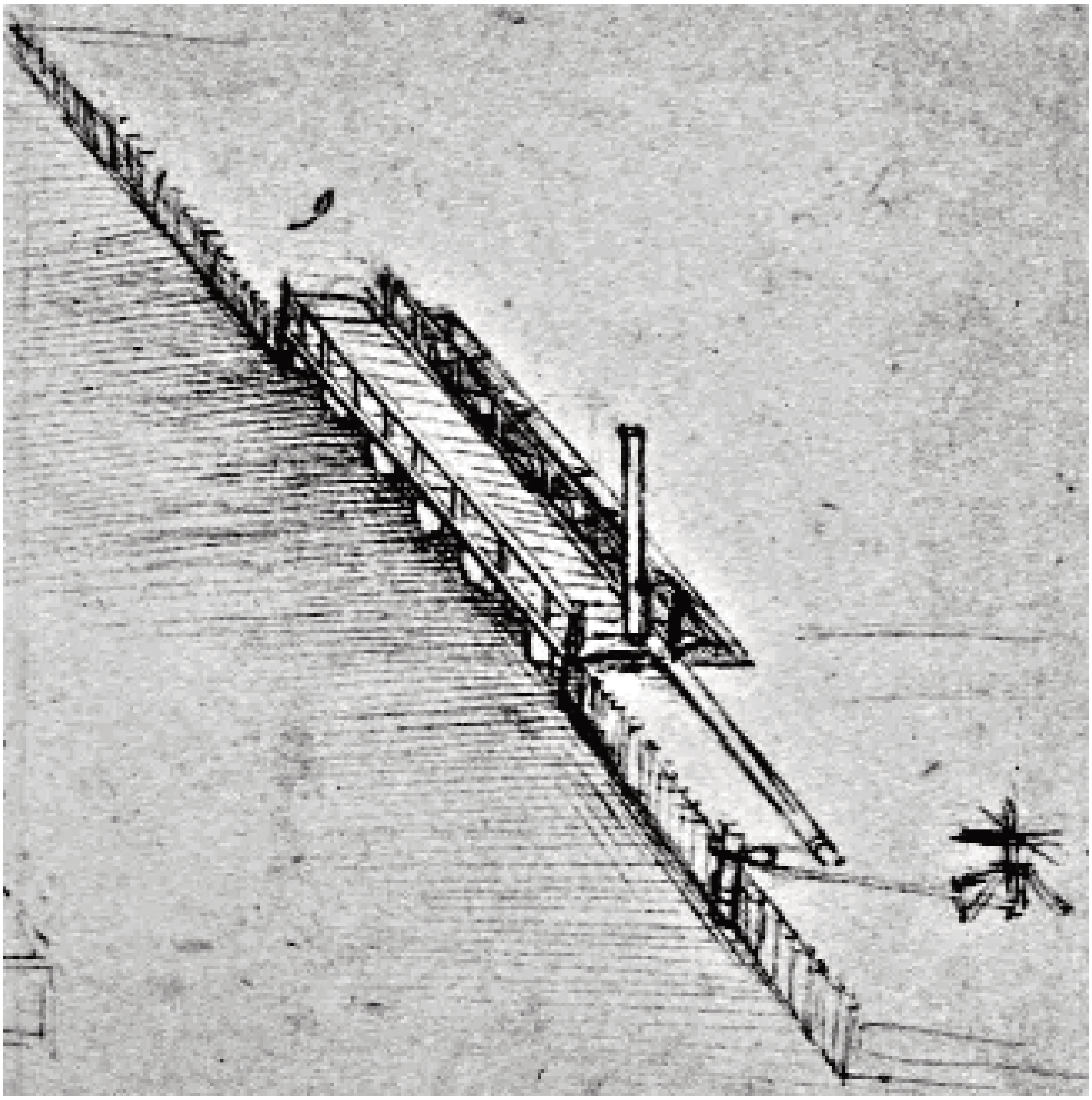
6.



7.

4.2 Ponti galleggianti di barche

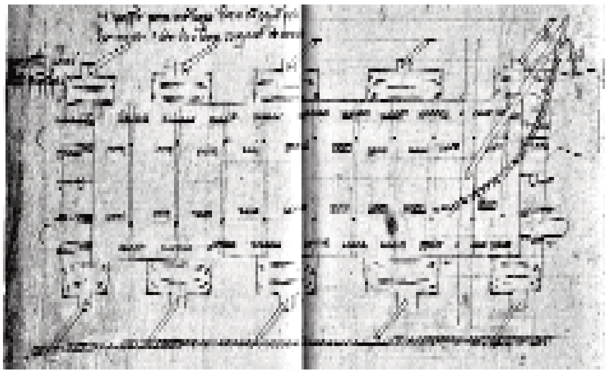
Più stabili e robusti dei pneumatici richiedevano però la disponibilità delle barche nel sito prescelto. Collocate e ancorate ad intervalli regolari, fungevano da piloni, sorreggendo il tavolato. In epoca imperiale alcuni reparti delle legioni ebbero in dotazioni barche da ponte, montate su appositi carri per il loro trasporto, nonché barche scomponibili per i trasporti a maggiori distanze.



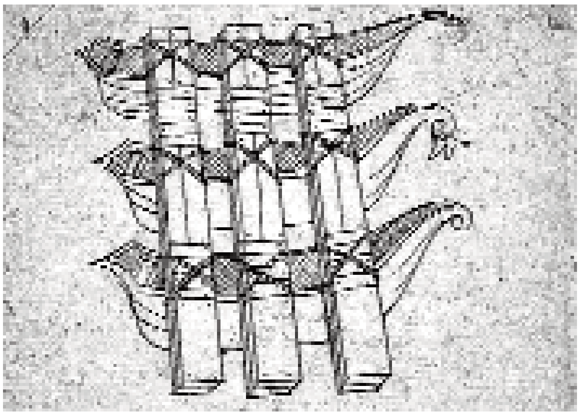
1.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 857r, dett.; 2. Roma, Colonna Traiana, bassorilievo con ponte di barche; 3. Guido da Vigevano, Texaurus Regis Francie, fol. 49v; 4. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 214v; 5. Mariano Taccola, De ingeneis, fol. 122v, dett.; 6. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 197r.*

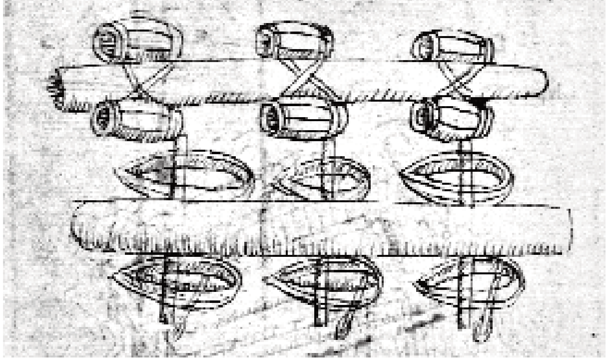
2.



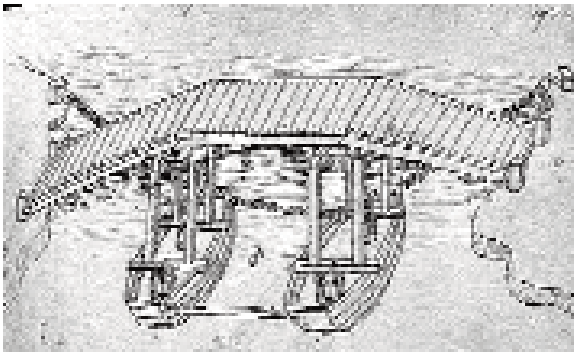
3.



4.



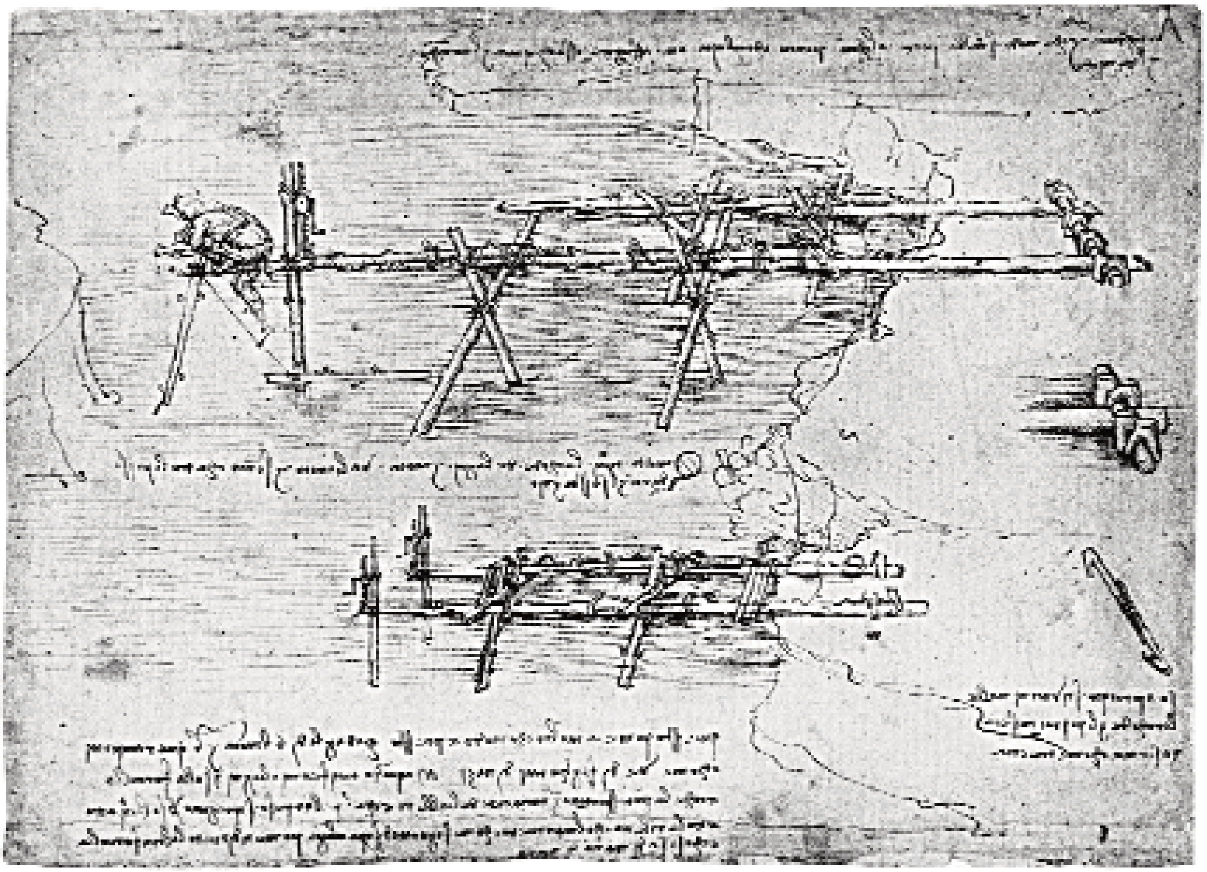
5.



6.

4.3 Ponti su cavalletti e a cavalletti incastrati

Giulio Cesare descrisse dettagliatamente il ponte che fece gettare sul Reno, poggiandolo su massicci cavalletti. Grazie a ciò se ne ebbero numerose derivazioni e proposizioni di ponti analoghi, con i relativi battipali per conficcare sul fondo gli spessi montanti di legno. Anche Palladio ne fornirà un magistrale disegno rievocativo. Una tipologia derivata, di scarsa utilizzazione, fu quella a cavalletti incastrati della quale molti tecnici medievali hanno lasciato testimonianza.

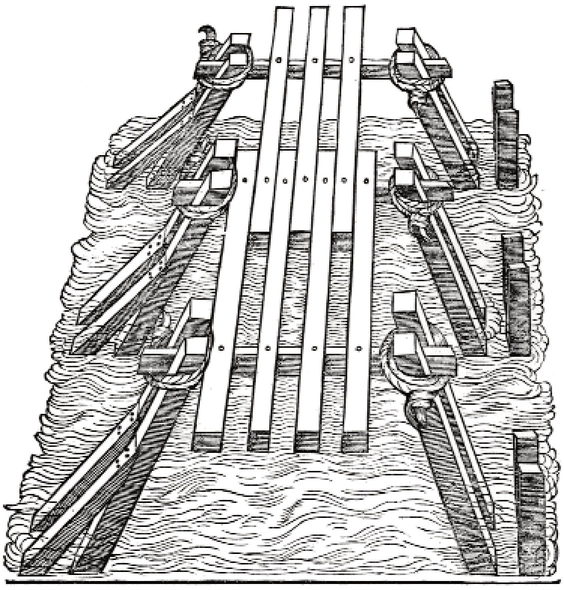


1.

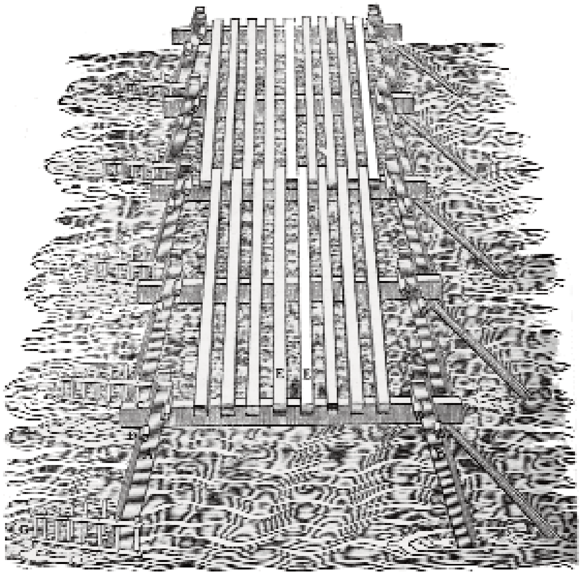
2.

3.

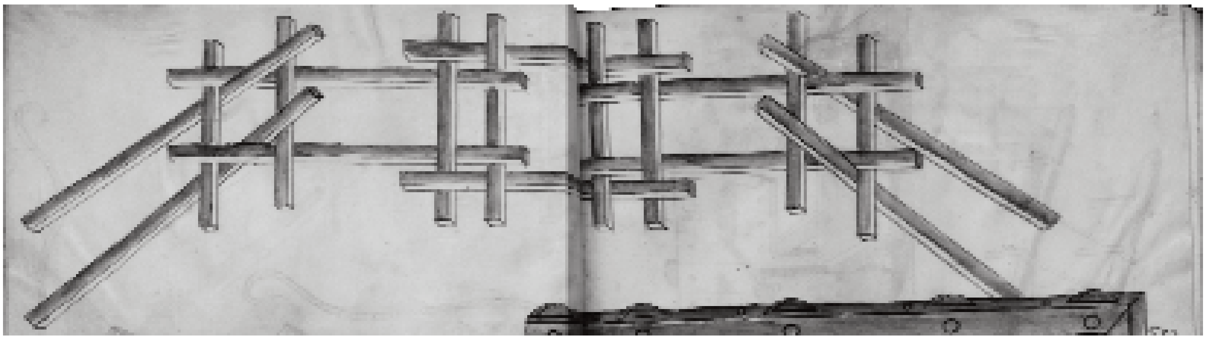
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Ms. B, fol. 55r; 2. Idem, Madrid I, fol. 46r, dett.; 3. Idem, codice Atlantico, fol. 69r, dett.; 4. Leon Battista Alberti, il ponte su cavalletti descritto da Cesare nel De Bello Gallico; 5. Andrea Palladio, illustrazione del medesimo ponte; 6. Anonimo di Weimar, fol. 50r, dett..*



4.



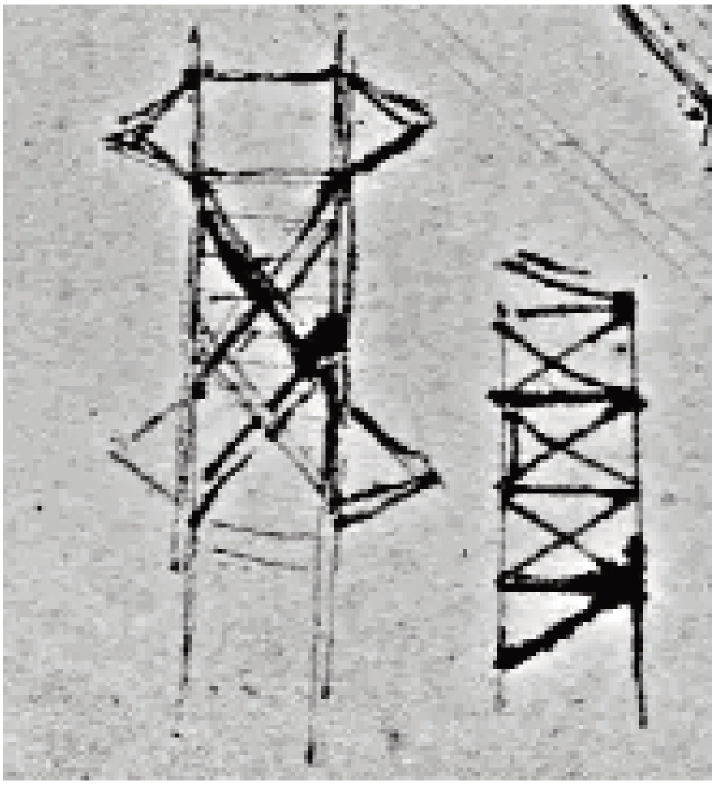
5.



6.

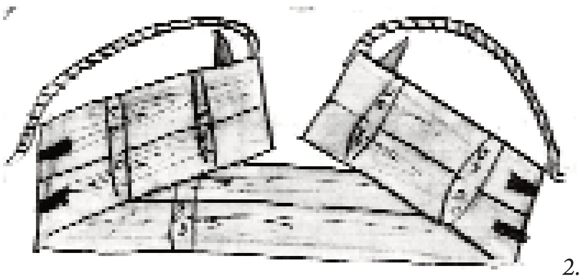
4.4 Ponti a pacchetti

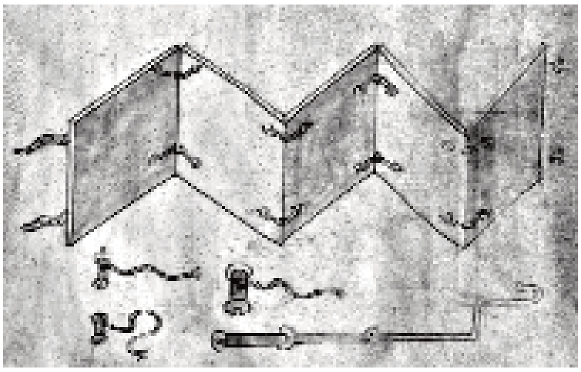
In quasi tutti i precursori di Leonardo compare un curioso ponte a fisarmonica, che potrebbe definirsi anche a pacchetto, composto di vari moduli incernierati fra loro. In posizione di riposo stanno sovrapposti, come le pagine di un libro, mentre all'occorrenza si spiegano, mediante delle funi azionate con paranchi. Tale ponte per facili ragioni era adatto a superare piccoli corsi d'acqua dalle sponde abbastanza alte, e non sopportava carichi rilevanti.

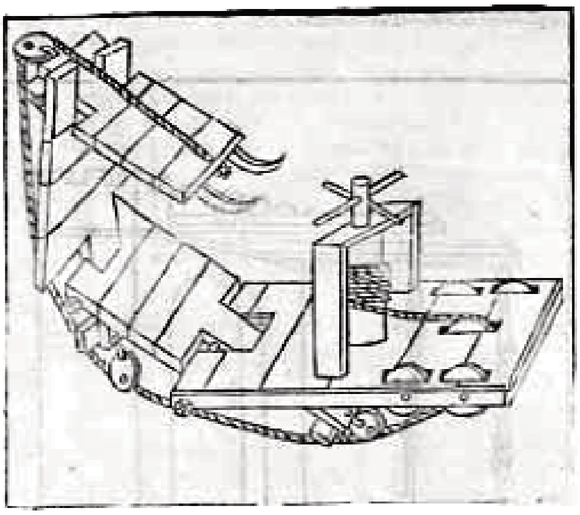


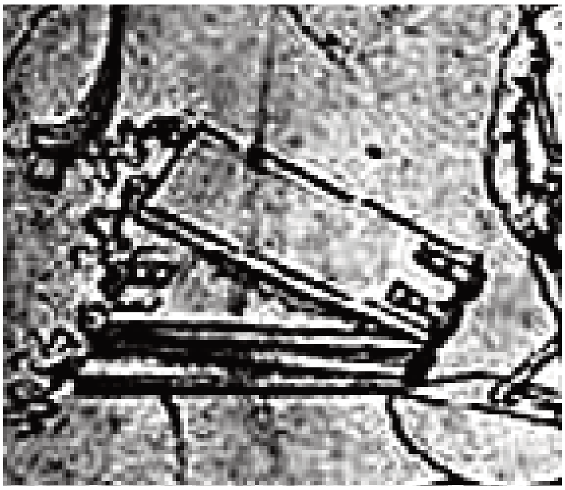
1.

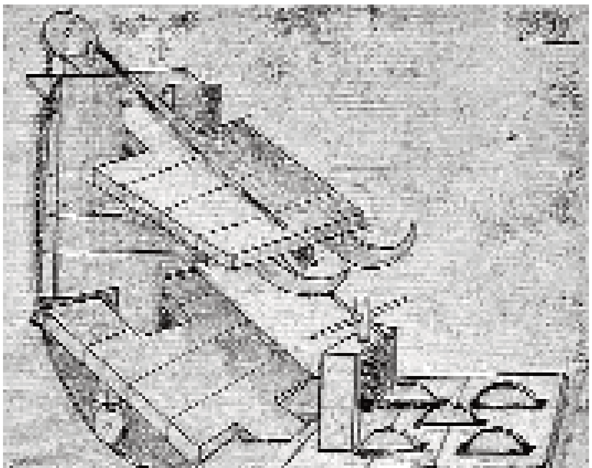
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 748r, dett.; 2. Anonimo della guerra Ussita, fol. 11v, dett.; 3. Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum libri, fol. 55v; 4. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 401; 5. Francesco di Giorgio Martini, Opusculum de architectura, Ms. 197.b.21 (BML), 49v; 6. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 199r; 7. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 48.*

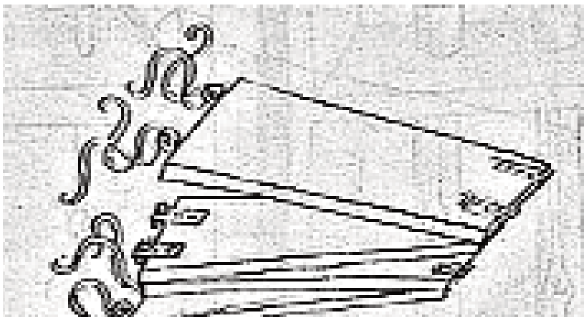

2.


3.


4.

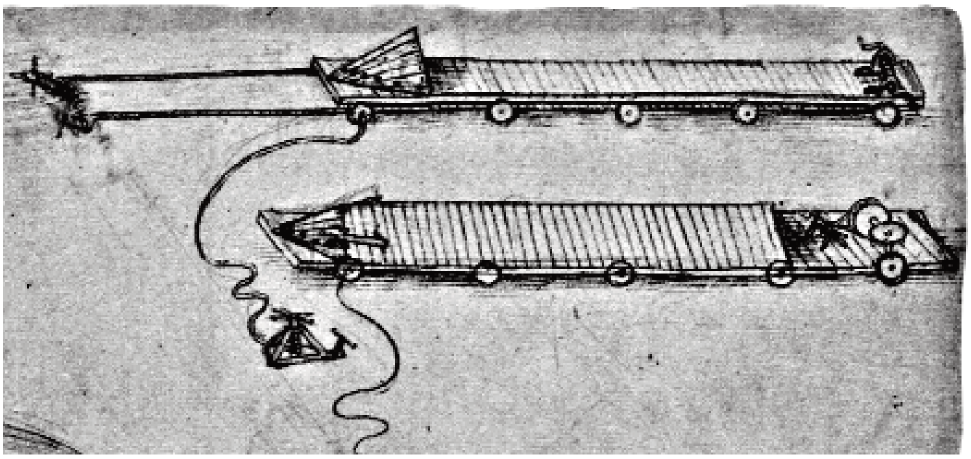

5.


6.

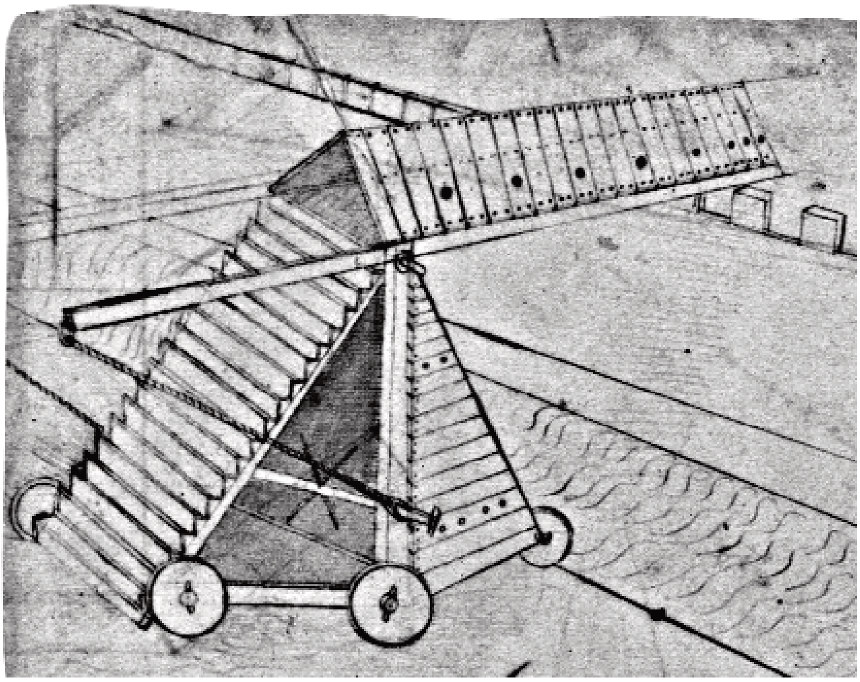

7.

4.5 Ponti a carrello

Una variante funzionale del ponte a pacchetto era quello a carrello, dal momento che veniva gettato tirandolo con delle funi fatte passare intorno a rinvii sulla opposta sponda, alate da paranchi. Il ponte veniva costruito in tutta la sua lunghezza in prossimità del corso d'acqua, e quindi posto in opera mediante la manovra delle funi. Dal punto di vista pratico era idoneo a piccole luci ed a modesti carichi. In alcuni casi, quando veniva gettato sopra i fossati o in fase di assalto, aveva anche una copertura sfuggente, realizzata con tavoloni a doppio spiovente. Una sua variante era montata pure su di un alto cavalletto a ruote, in modo di poter raggiungere direttamente gli spalti nemici.

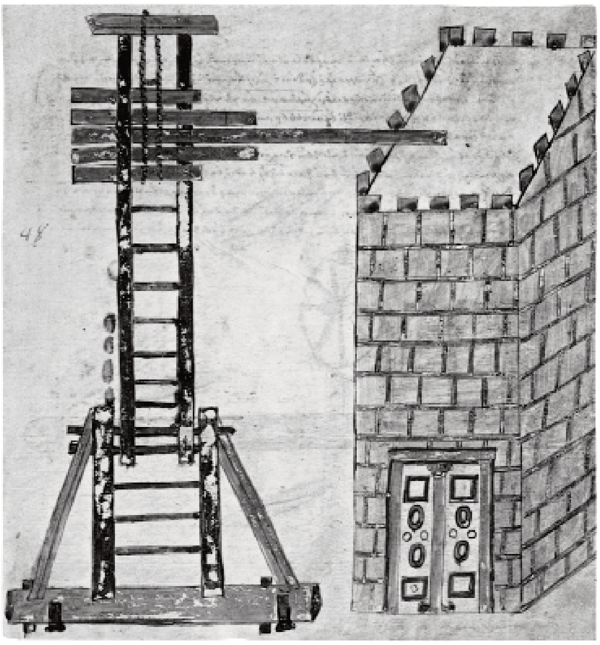


1.

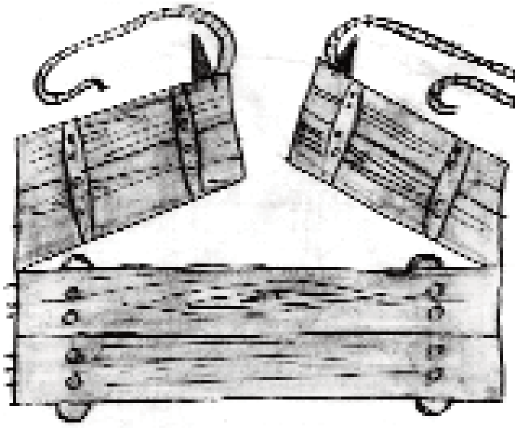


2.

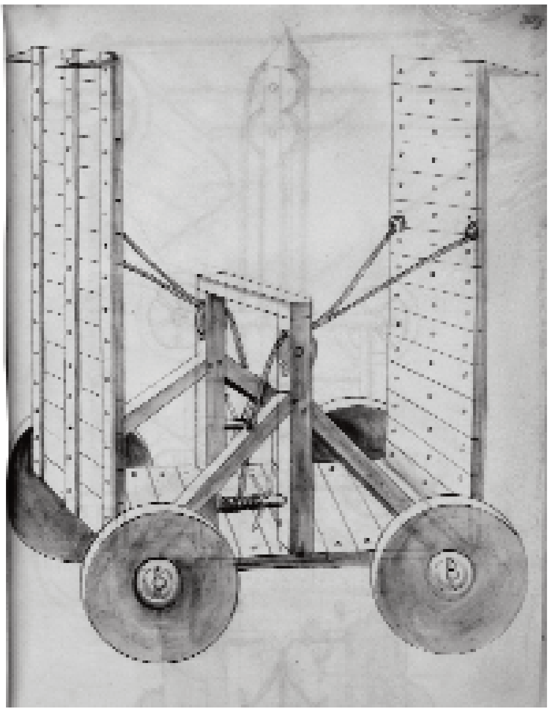
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 1074r, dett.; 2. Idem, fol. 49r, dett.; 3. Apollodoro di Damasco, fondo Graeca Ms. 1164, fol. 132; 4. Anonimo della guerra Ussita, fol. 11v, dett.; 5-6. Anonimo di Weimar, fol. 309r, 56r, dett.; 7. Mariano Taccola, De Machinis, vol. II, fil. 15v; 8. Idem, De Ingeneis, fol. 111v; 9. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 63v, dett..*



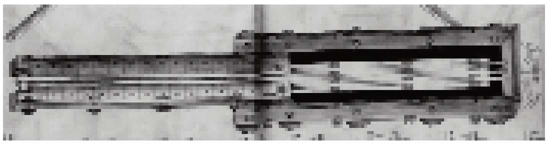
3.



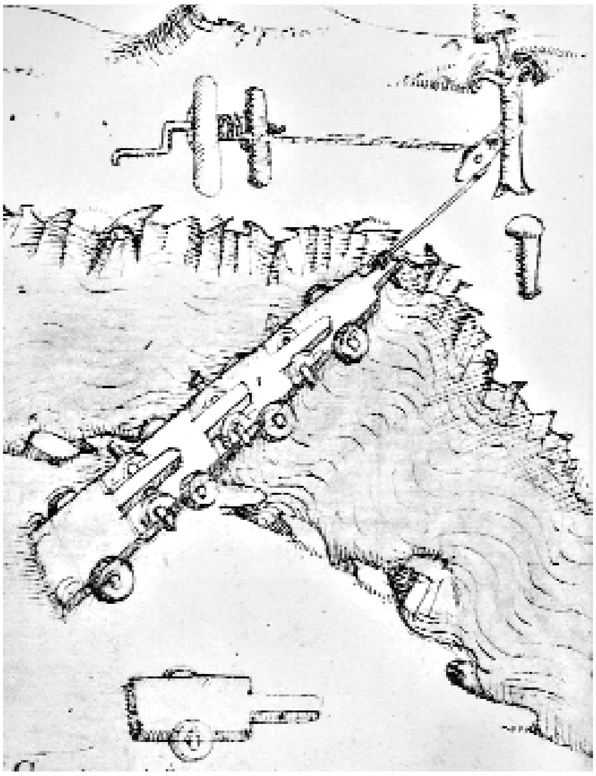
4.



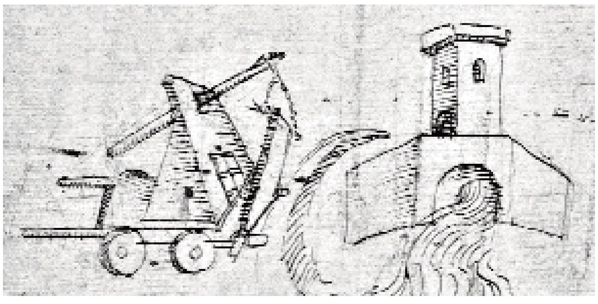
5.



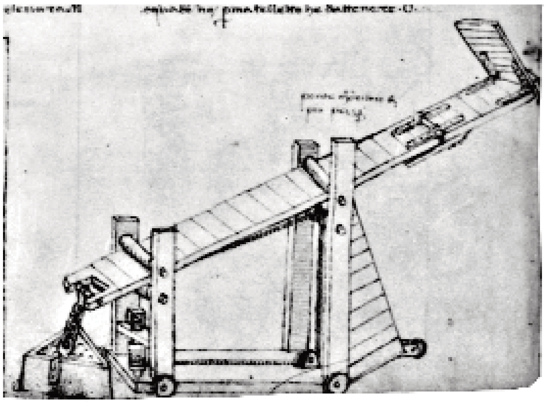
6.



7.



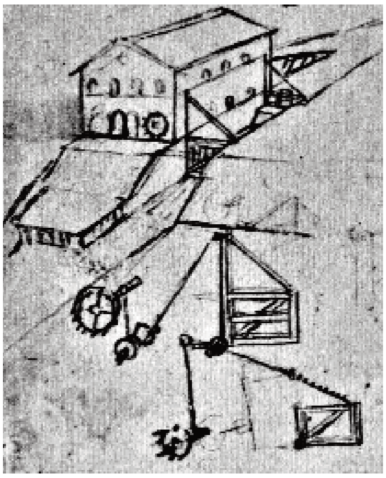
8.



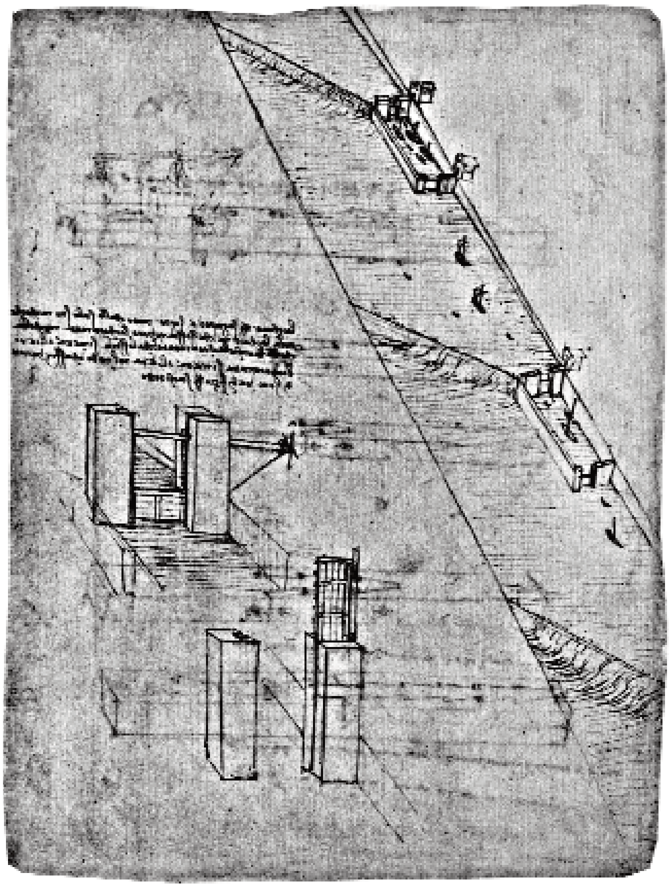
9.

5. CANALI E CHIUSE PER LA NAVIGAZIONE

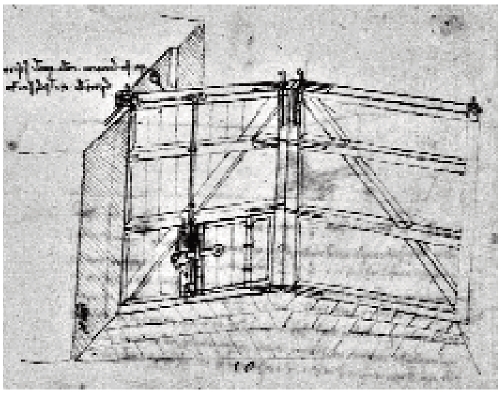
La costruzione dei canali artificiali ha inizio nella preistoria divenendo frequente all'epoca dei Romani, che ne costruirono anche alcuni ancora in uso. Questi ultimi, però, non conoscevano le conche e le relative chiuse, indispensabili per superare i dislivelli. Le si ritrova a partire dal XII sec., con paratoie a saracinesca o a ghigliottina. Più originale il sistema dei due portelloni ad angolo ottuso controcorrente correntemente attribuito a Leonardo e definito porte vinciane: in realtà, però le sue premesse sono già ravvisabili nella chiusa descritta da Leon Battista Alberti nel 1442 nel suo De re aedificatoria [X, 13]. Inoltre nel 1484 una grida stabiliva per la navigazione sul naviglio di Berenguardo, che nessuno osi: "aprire né serare porte, portine, né usgioli de concha alchun che sia nel naviglio novamente facto et che se fa da Habià(tegrasso) a Bereguard." Quattro anni prima dei disegni di Leonardo, quindi, il medesimo sistema, tra l'altro l'unico ipotizzabile, era già in uso.



1.

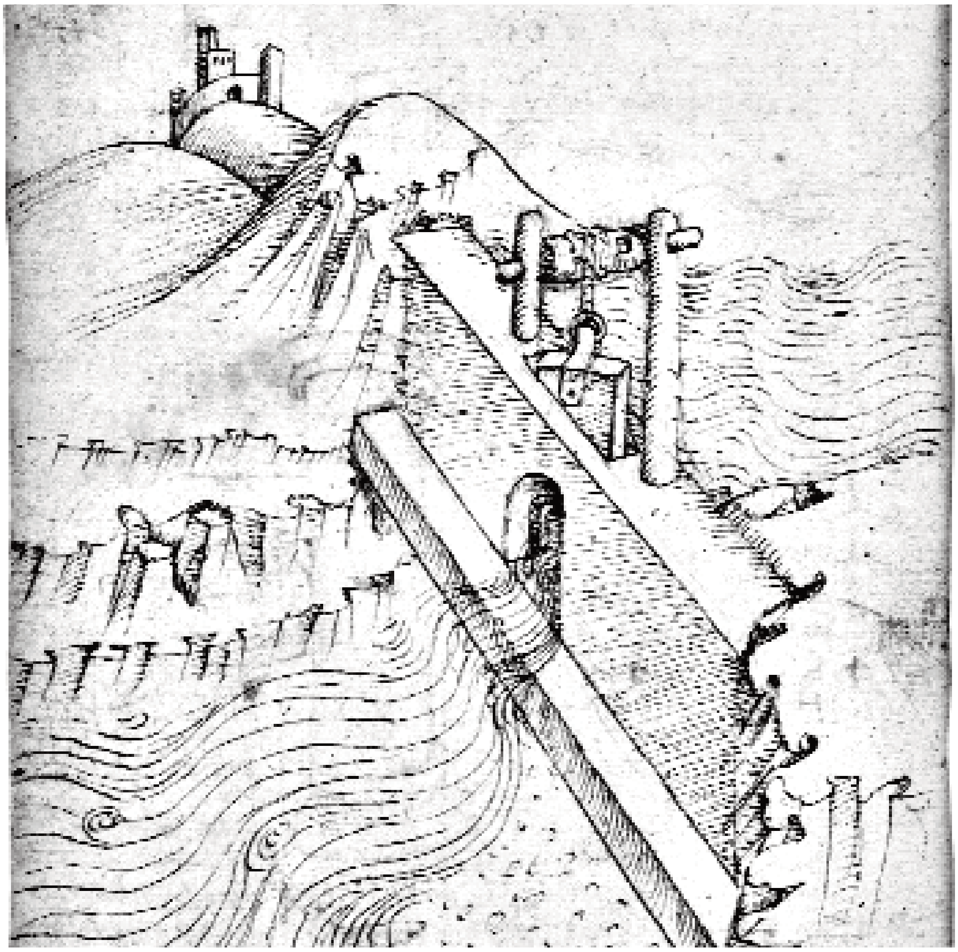


2.



3.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 28r, dett.; 2. Idem, fol. 90v; 3. Idem, fol. 656r, dett.; 4. Mariano Taccola, De Ingeneis, fol. 114v, dett.; 5. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano fol. 45r, dett..*



4.

5.

6. SALVAGENTE ANULARE

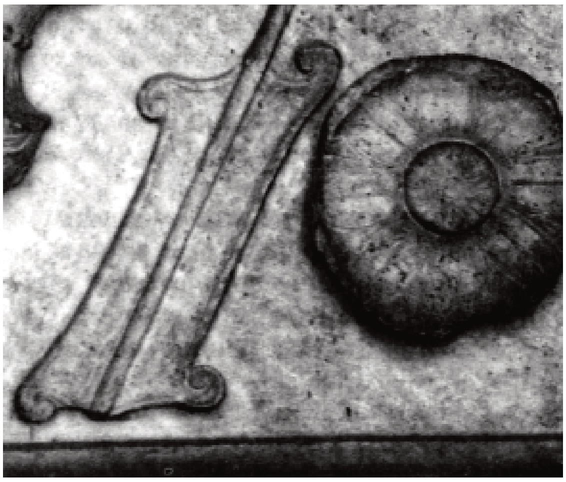
Il salvagente anulare è un po' l'emblema della navigazione: quando non pneumatico, era realizzato con sughero rivestito da un nastro e munito di corda per la presa. In quanto tale è antichissimo, trovandosene le prime raffigurazioni persino sui bassorilievi romani. Leonardo ce ne ha lasciato uno schizzo, come prima di lui quasi tutti i suoi predecessori. Un'utopica variante sono le scarpe per camminare sull'acqua, dei galleggianti che adattati ai piedi avrebbero dovuto consentire la prestazione.

1.

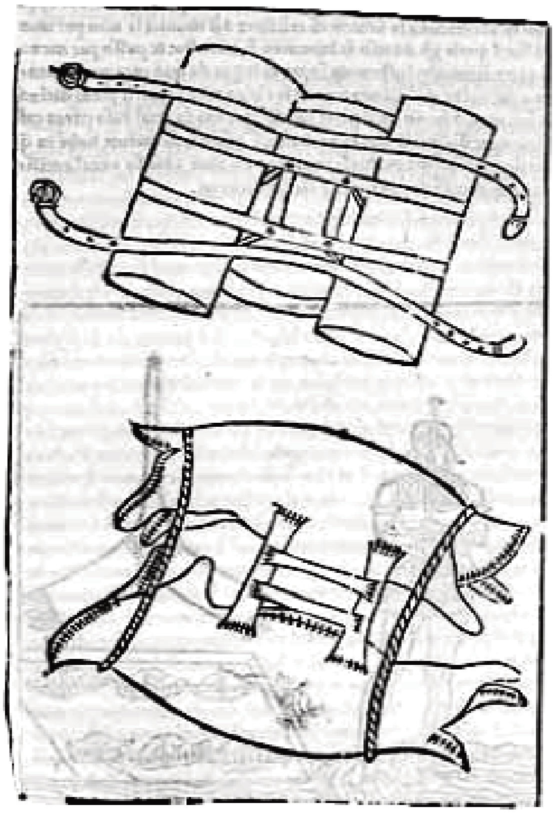
2.

3.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 81v, dett.; 2. Idem, codice Atlantico, fol. 748r, dett.; 3. Idem, fol. 26r, dett.; 4. Bassorilievo con fregio navale, Roma, Musei Capitolini; 5. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 507; 6. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 10; 7. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 140r, dett.; 8. Philipp Mönch, fol. 33r.*



4.



5.

6.

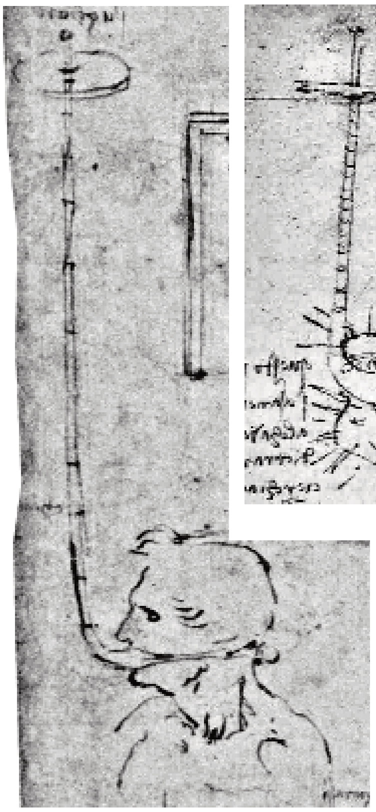
7.

8.

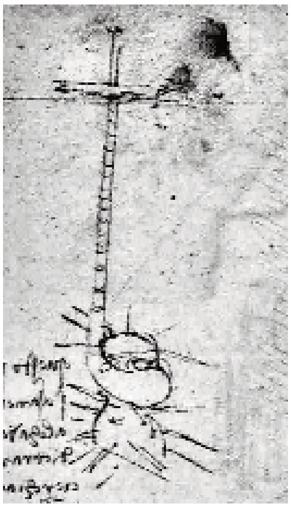
7. SUBACQUEI

7.1 Palombaro e sommozzatore

Per l'attività subacquea sin dal VI secolo a.C., si poteva o respirare in immersione tramite un tubo collegato con la superficie o portarsi una piccola riserva d'aria. Dalla prima deriveranno i palombari, con il relativo scafandro ed il tubo per l'aria, dalla seconda i sommozzatori e le bombole. In entrambi i casi, non essendo possibile aumentare la pressione dell'aria, la profondità restò sempre modestissima. Leonardo disegna una sorta di snorkel con valvola di presa galleggiante, non migliore dei precedenti. Brunelleschi e Taccola, invece, aggiungono un soffietto dinanzi alla maschera del sub, primo riferimento all'aria compressa, e pure una lampada per illuminare i fondali.

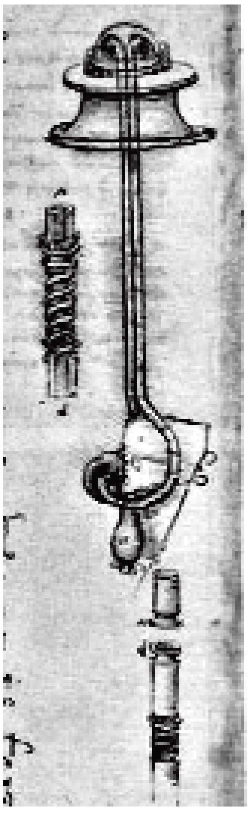


1.



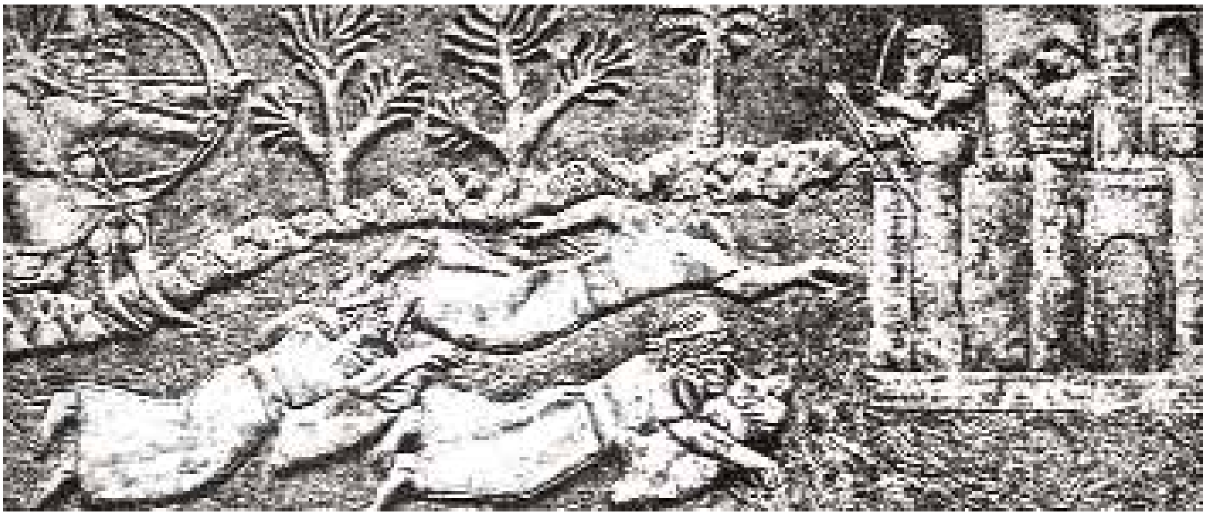
2.

3.



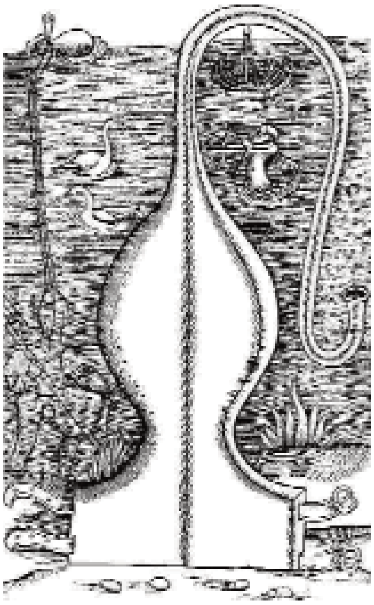
4.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 1069r, dett.; 2. Idem, Ms. B, fol. 18r, dett.; 3. Idem, codice Atlantico, fol. 909v, dett.; 4. Idem, Arundel, fol. 24v, dett.; 5. Bassorilievo assiro con sommozzatori; 6. Lapide di epoca romana che ricorda il corpo degli urinatores, sommozzatori; 7. Casco subacqueo così come descritto da Vegezio Flavio; 8. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 508, dett.; 9. Konrad Kyeser; 10. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 9; 11. Idem, 766 (BNCF), fol. 25r.*



5.

6.



7.

8.

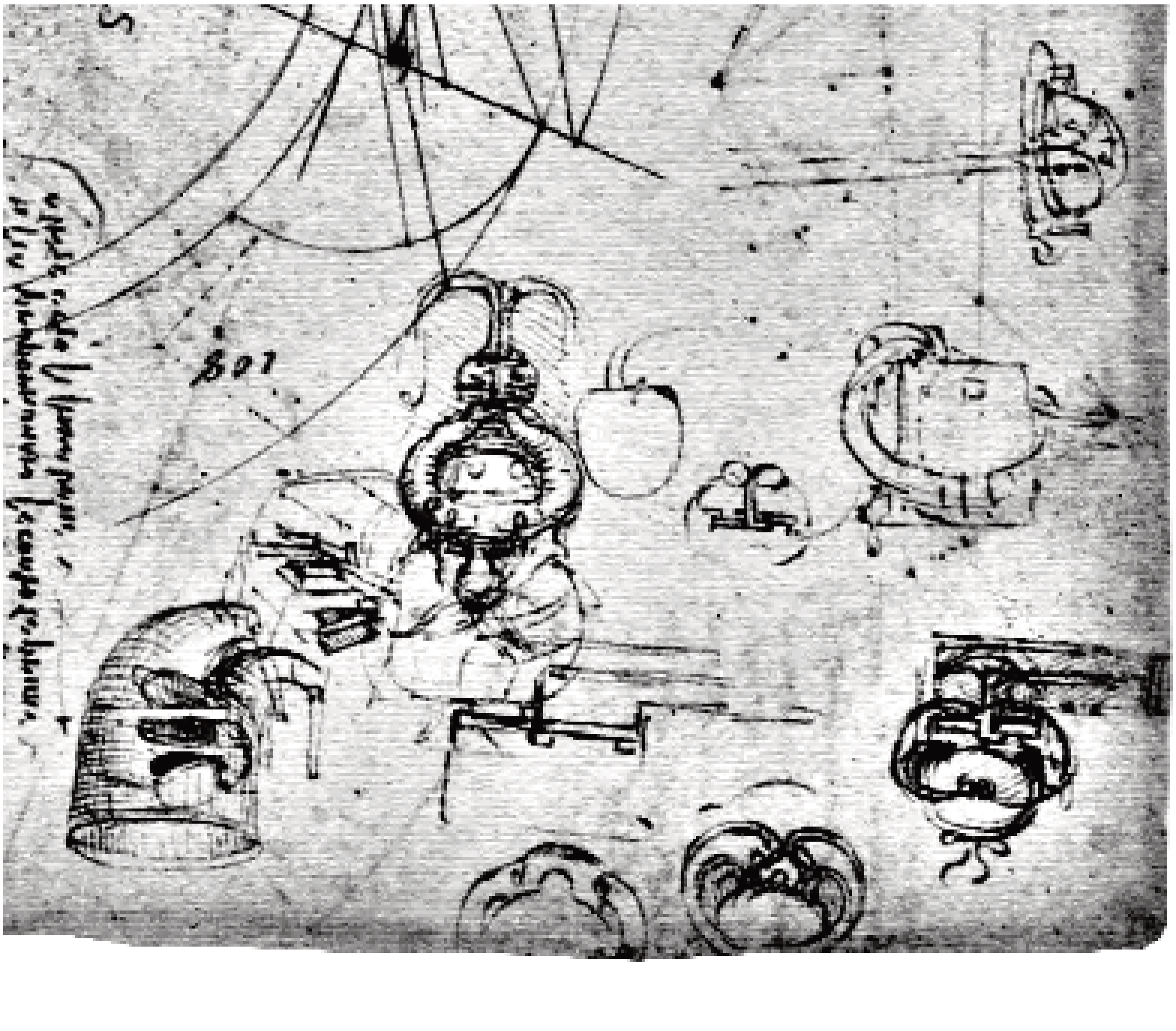
9.

10.

11.

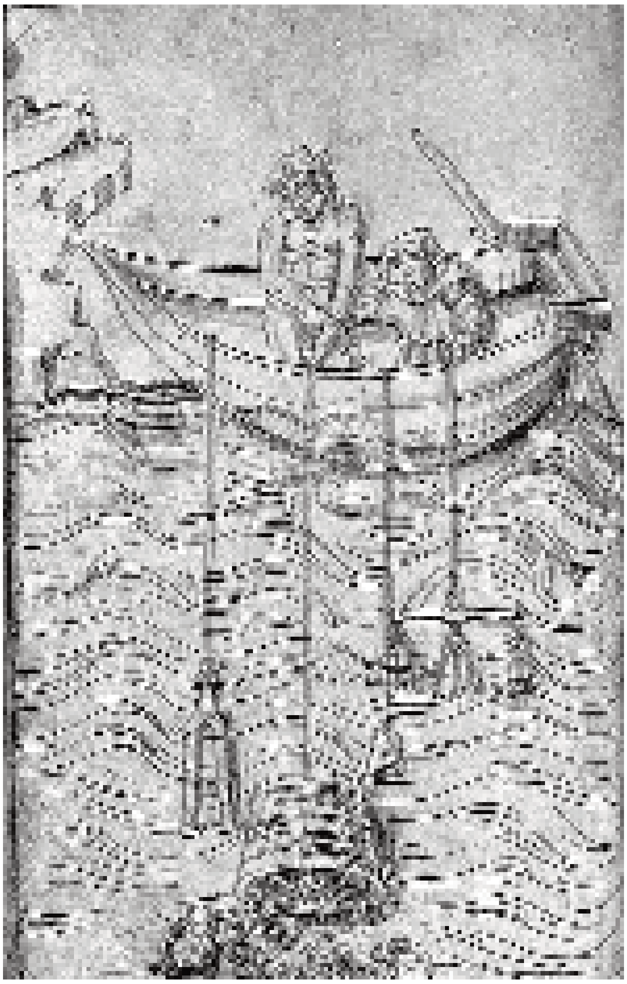
7.2 Campana subacquea

La prima descrizione della campana subacquea fu fatta da Aristotele. Dal momento che l'aria al suo interno ha la medesima pressione dell'acqua al suo esterno, mantenendovi dentro il tubo dello snorkel il sommozzatore poteva uscire a ridosso della stessa, a qualsiasi profondità, sino all'esaurimento dell'ossigeno contenutovi. Di tale soluzione se ne trova sicura proposizione in alcuni predecessori di Leonardo ma appena alcuni sommari schizzi tra le sue carte.



1.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 647v, dett.; 2. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 53; 3. Illustrazione tratta da un codice medievale raffigurante Alessandro Magno in una campana pneumatica.*



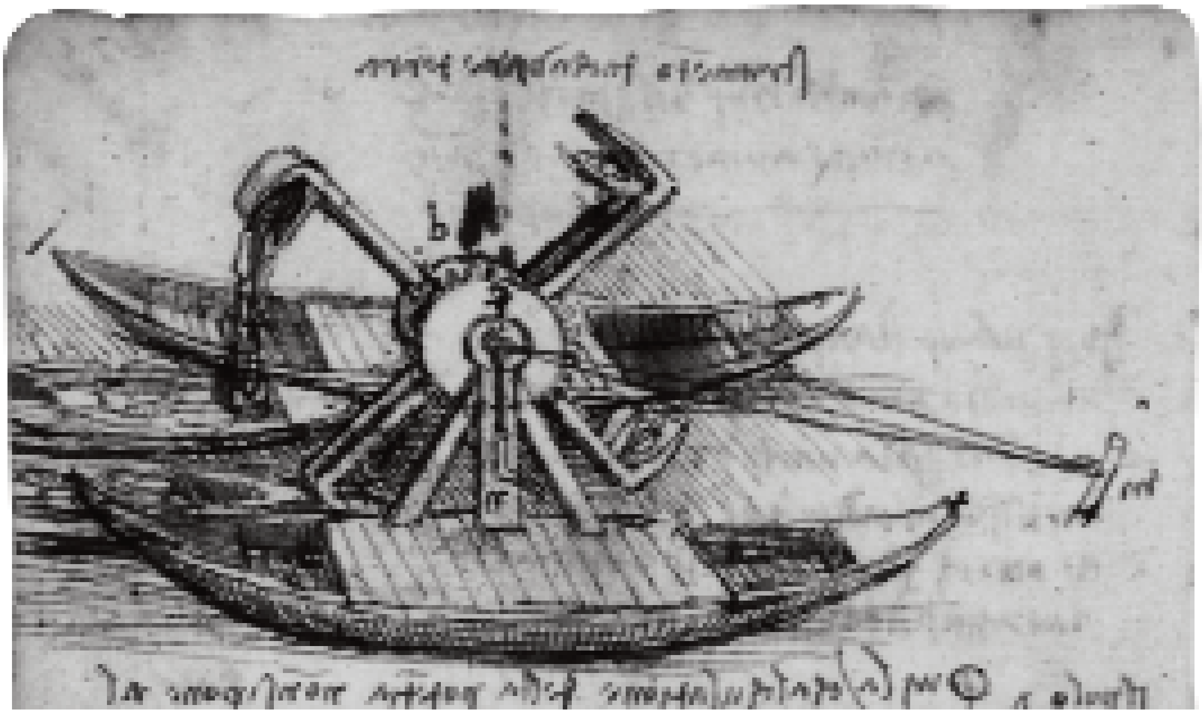
2.

3.

8. DRAGHE

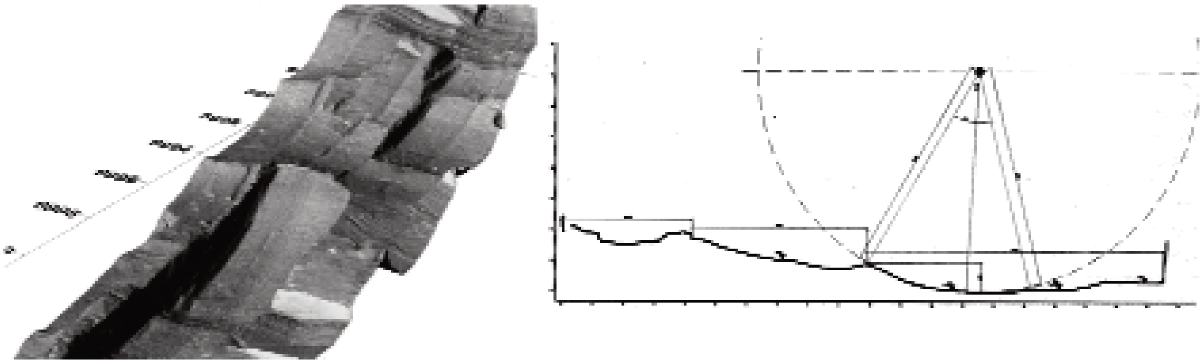
I porti dell'antichità, spesso presso le foci dei grandi fiumi, andavano soggetti ad interrarsi. Per mantenerli efficienti si dovevano rimuovere i detriti accumulatisi sul fondo, utilizzando le draghe, macchine simili in sostanza ad una grossa vanga rotante. Una a quattro bracci rotanti muniti di altrettante benne, fu progettata da Francesco di Giorgio, che la collocò al centro di un catamarano. Fatta girare lentamente avrebbe raschiato il fango. Leonardo la riproduce nei suoi disegni. A Napoli nel corso del recupero degli scafi affondati in epoca romana, è affiorato pure il fondale su cui giacevano. La sua superficie reca evidentissime le tracce di una draga del genere con la ruota di circa 7 m di diametro.

1.



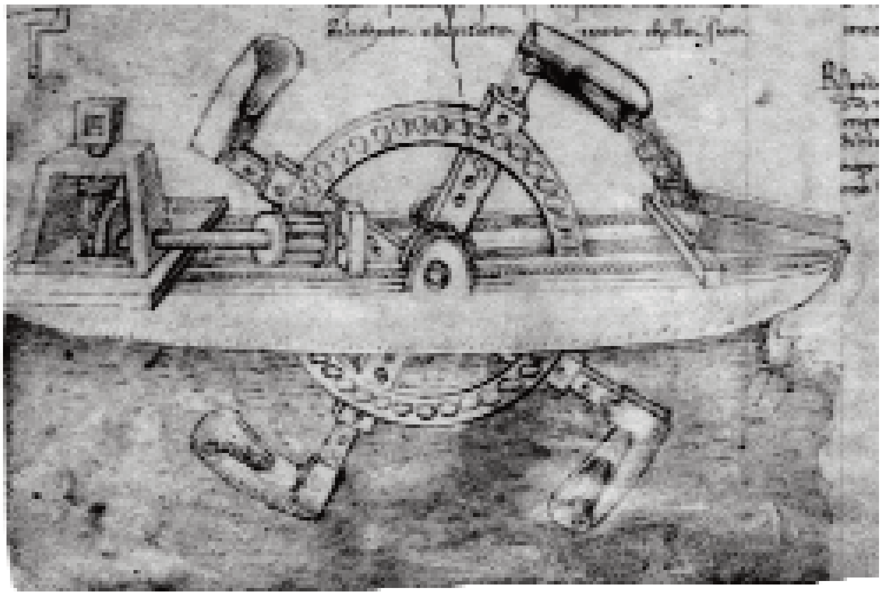
2.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 904r, dett.; 2. Idem, Ms. E, fol. 75v, dett.; 3. Napoli, piazza Municipio, tracce degli antichi dragaggi e ricostruzione del raggio di curvatura della draga; 4. Mariano Taccola, De Ingeneis, fol. 104v; 5. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano fol. 64v, dett..*



3.

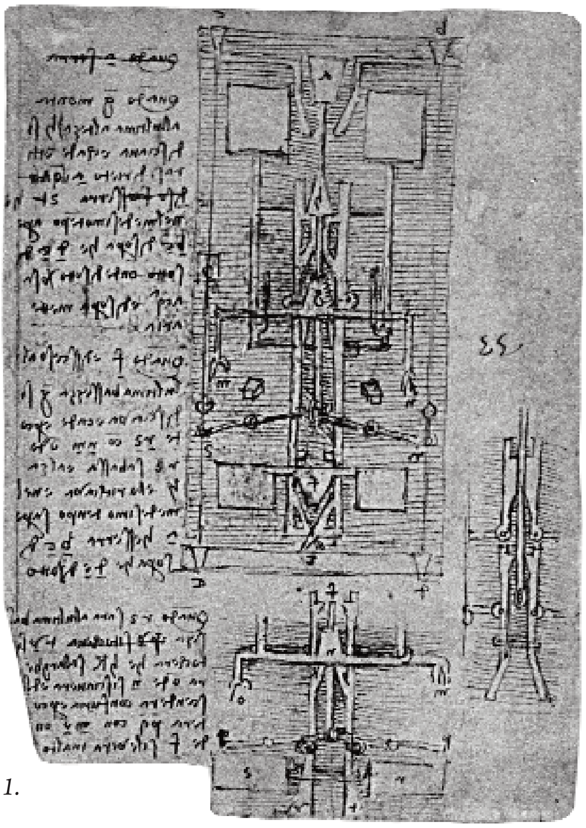
4.



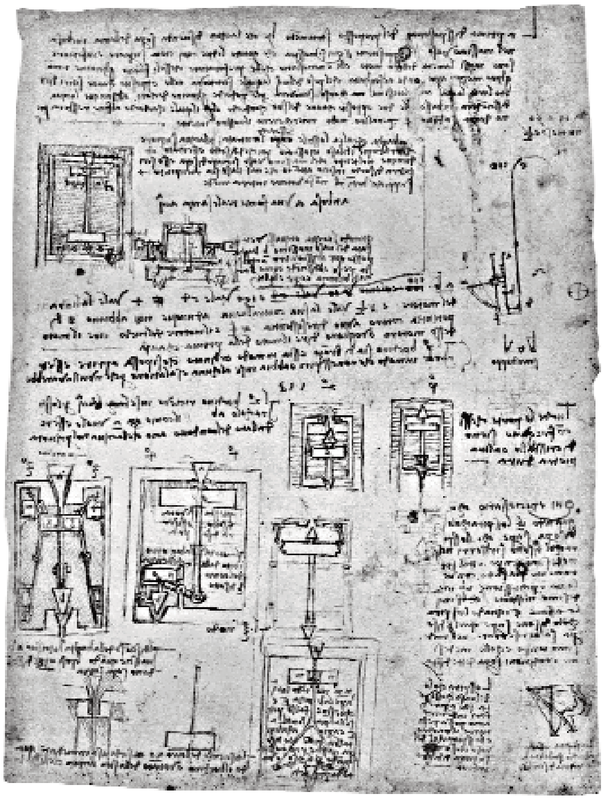
5.

9. OROLOGIO AD ACQUA: CLESSIDRA AUTOMATICA

Il termine clessidra definisce un orologio in cui, il trascorrere del tempo è proporzionale al deflusso dell'acqua, da un serbatoio a livello costante ad un altro graduato. Nel corso dell'antichità se ne costruirono di molteplici tipologie, anche di grande precisione grazie a particolari accorgimenti miranti a stabilizzare il flusso idrico. Vitruvio ne descrisse alcuni prototipi attribuendoli a Ctesibio: tra i più complessi e precisi uno che si adattava automaticamente al mutare della durata dell'ora nel corso dell'anno. Compare come illustrazione nella sua traduzione del Barbaro ed a quel modello si rifà una tavola del Valturio ed alcuni schizzi preparatori di Leonardo.

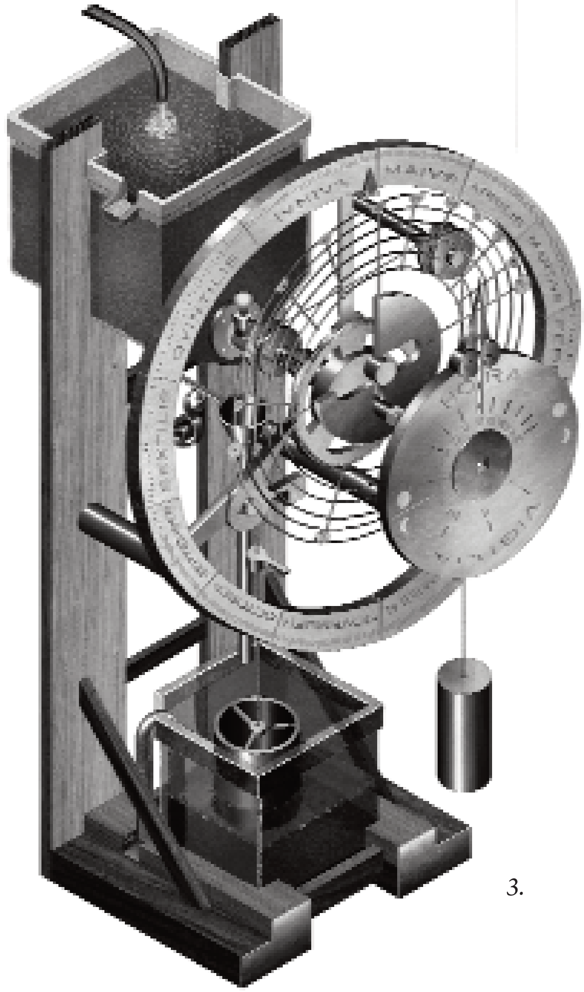


1.

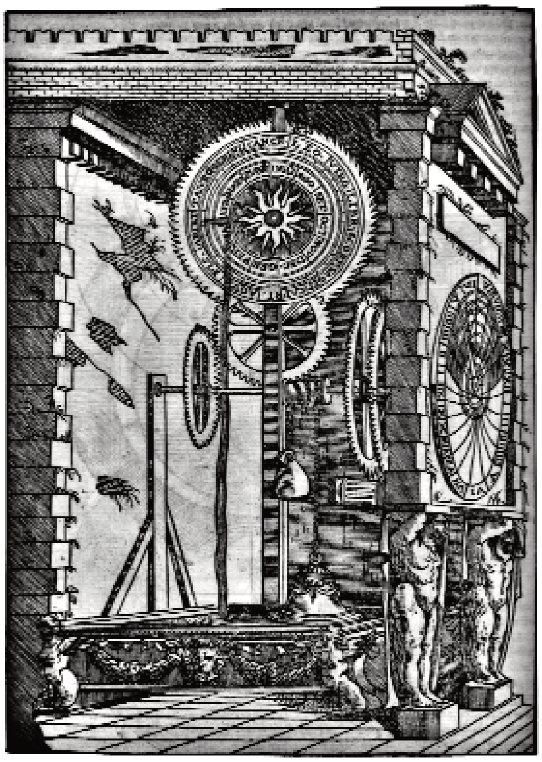


2.

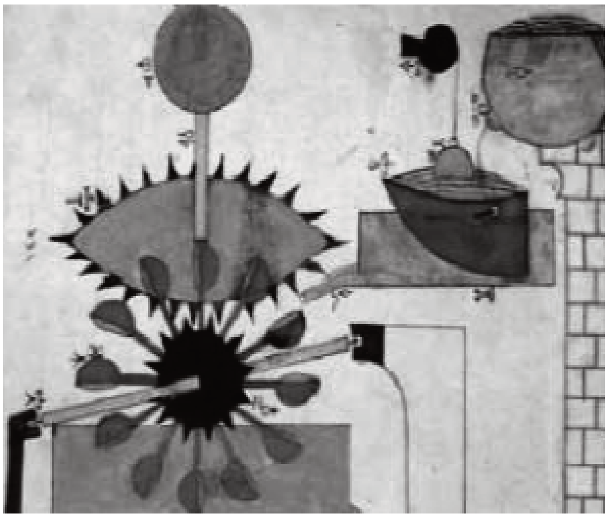
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 69r; 2. Idem, fol. 810r; 3. Ricostruzione della clessidra attribuita a Ctesibio e descritta da Vitruvio; 4. Daniele Barbaro, De Architectura, libro X, p. 326; 5. Illustrazione da un codice medievale arabo raffigurante un orologio ad acqua; 6. Roberto Valturio, De re militari, 1466, AST AMMA, fol. 49v.*



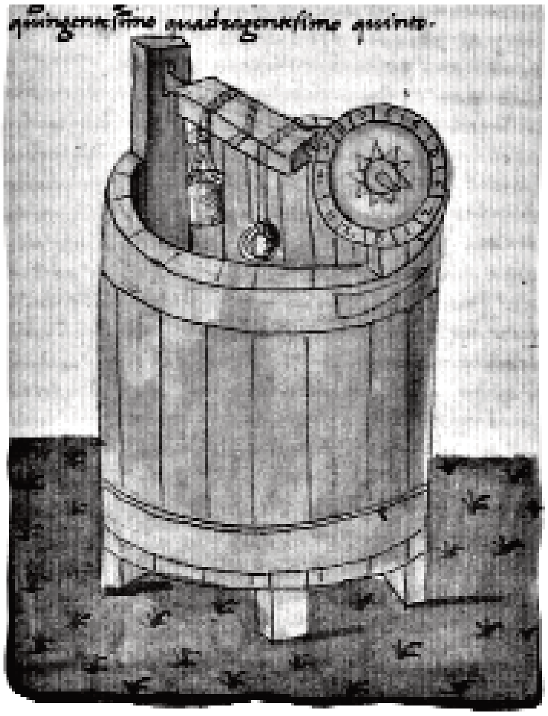
3.



4.



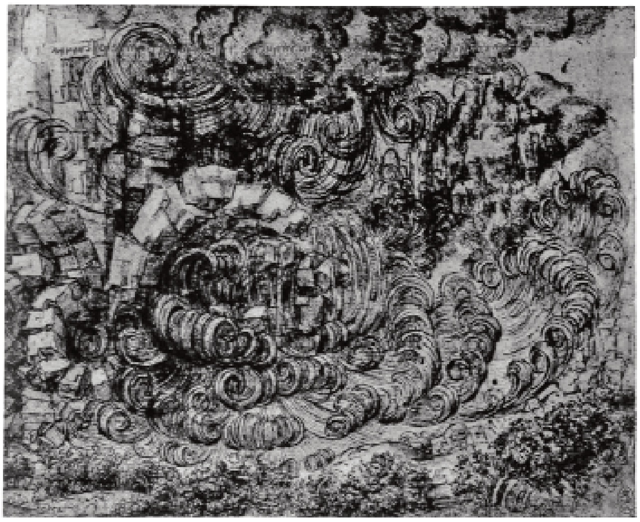
5.



6.

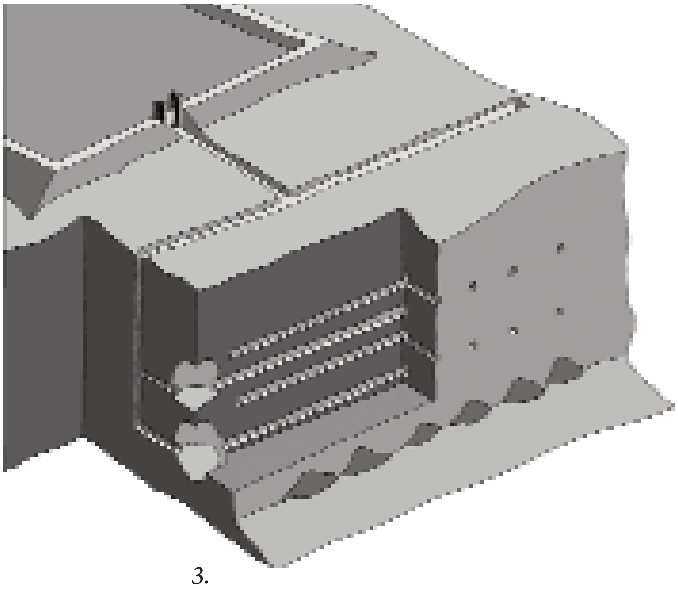
10. TECNICHE MINERARIE: RUINA MONTIUM

Nel foglio appartenente al Codice Windsor si distinguono con chiarezza dei grossi blocchi di roccia scagliati in aria da violentissime onde, blocchi che conservano lo spessore dello strato di appartenenza. L'acqua sembra scaturire da un unico punto centrale, simile al fornello di una grandiosa mina. L'interpretazione corrente ha visto nel disegno uno schizzo preparatorio per un dipinto relativo al diluvio universale. In realtà, sapendosi che Leonardo teneva in gran conto l'opera di Plinio, è lecito supporre che con quel disegno stesse tentando di illustrare la sua descrizione della tecnica mineraria romana ricordata come Ruina Montium [Naturalis Historiae XXXIII, 70].



1.

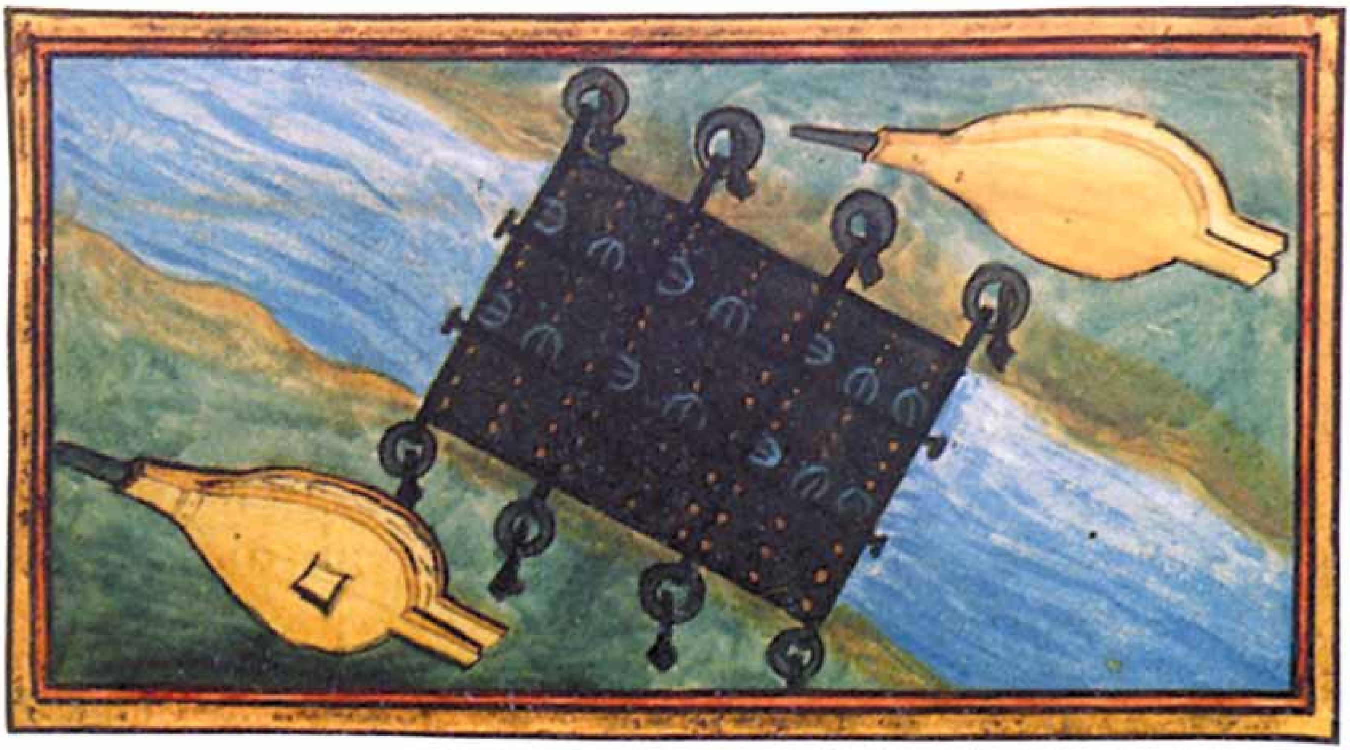
2.

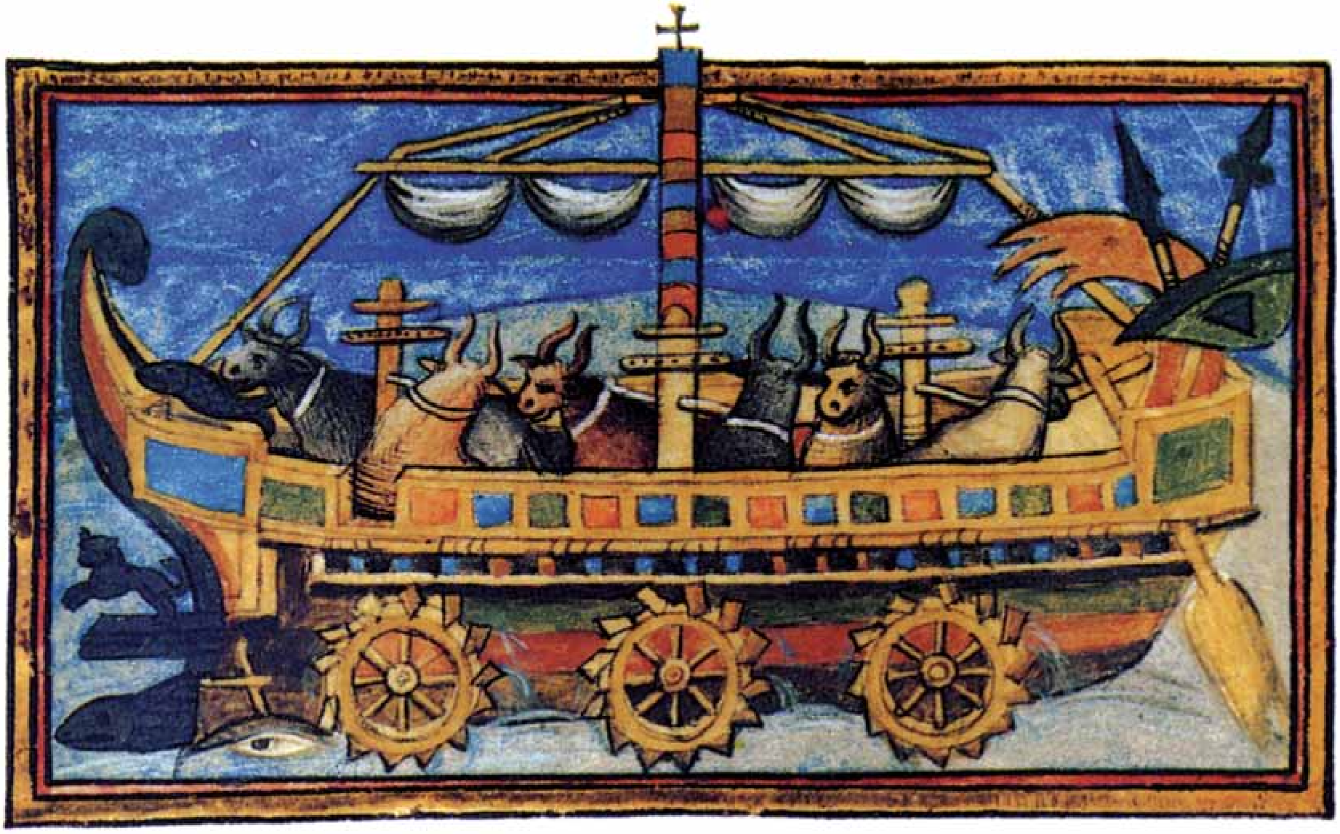


3.

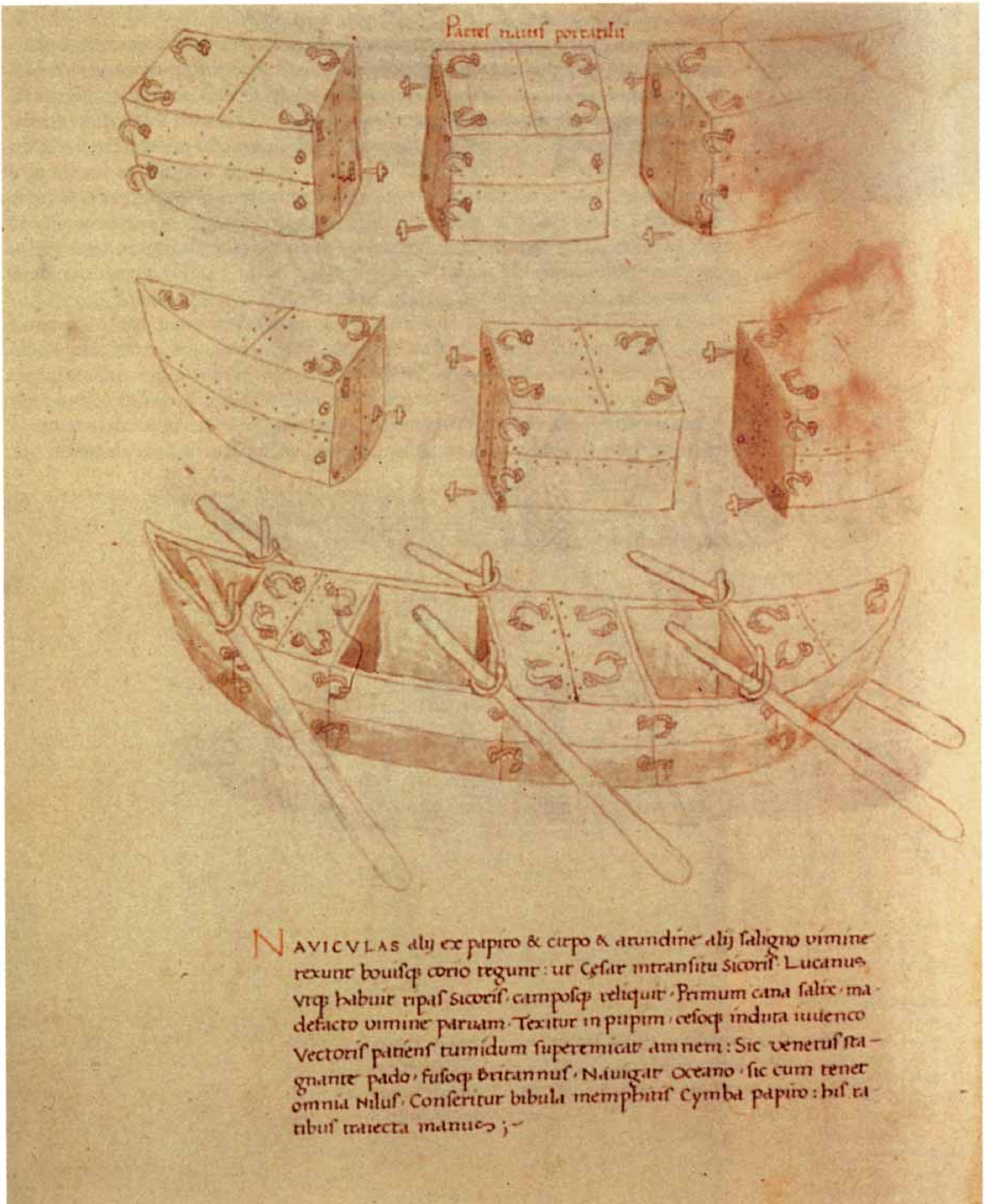
4.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Windsor, RL 12380; 2. Il bacino minerario romano di Las Medulas, in Spagna, dove fu utilizzata la tecnica del Ruina Montium; 3. Ricostruzione schematica della tecnica; 4. Effetti sulla montagna.*



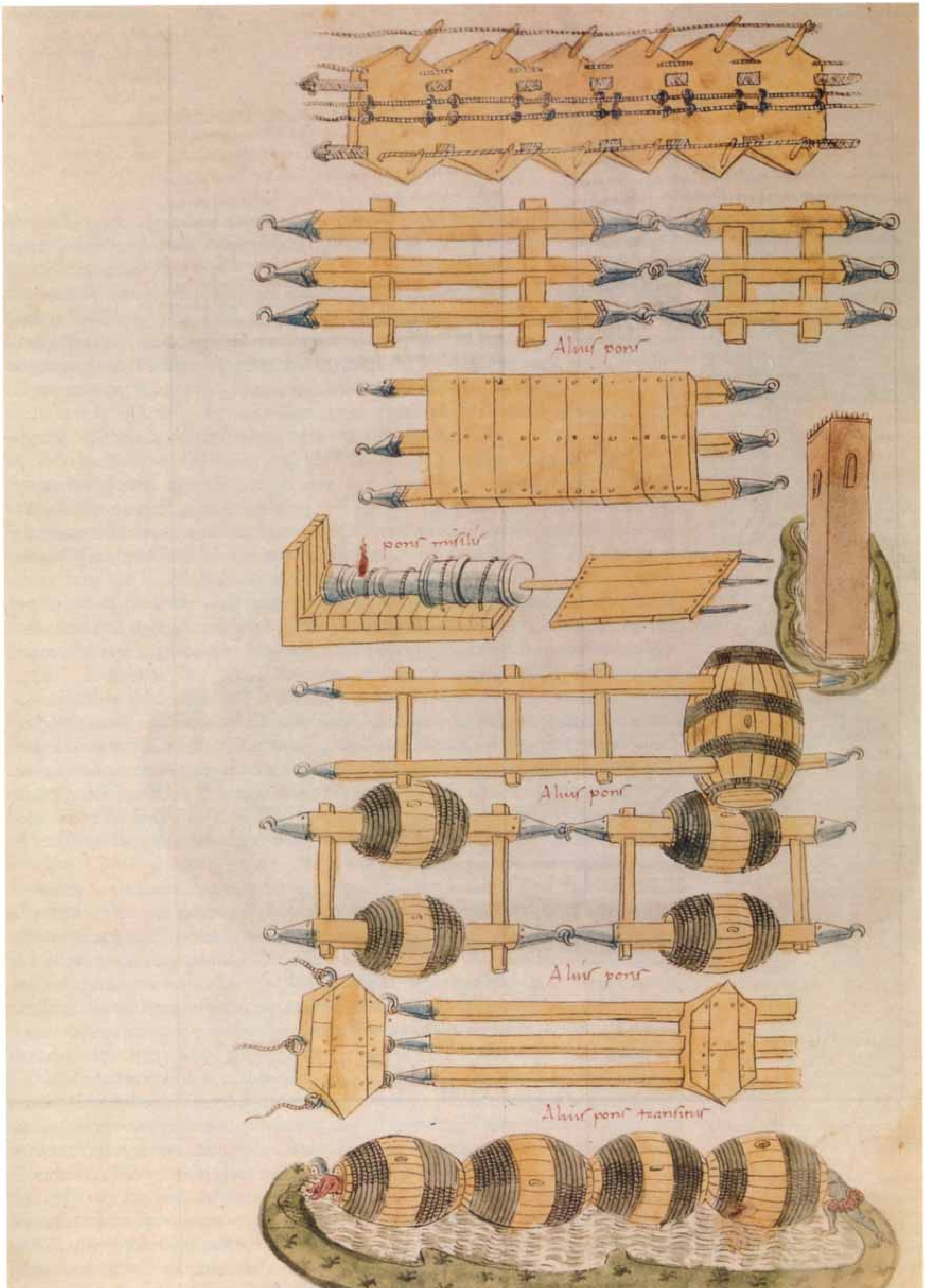


Anonimo, De rebus bellicis. Parigi, Bibliothèque Nationale, lat. 9661, fol. 60 (sopra) e fol. 61 (sotto)

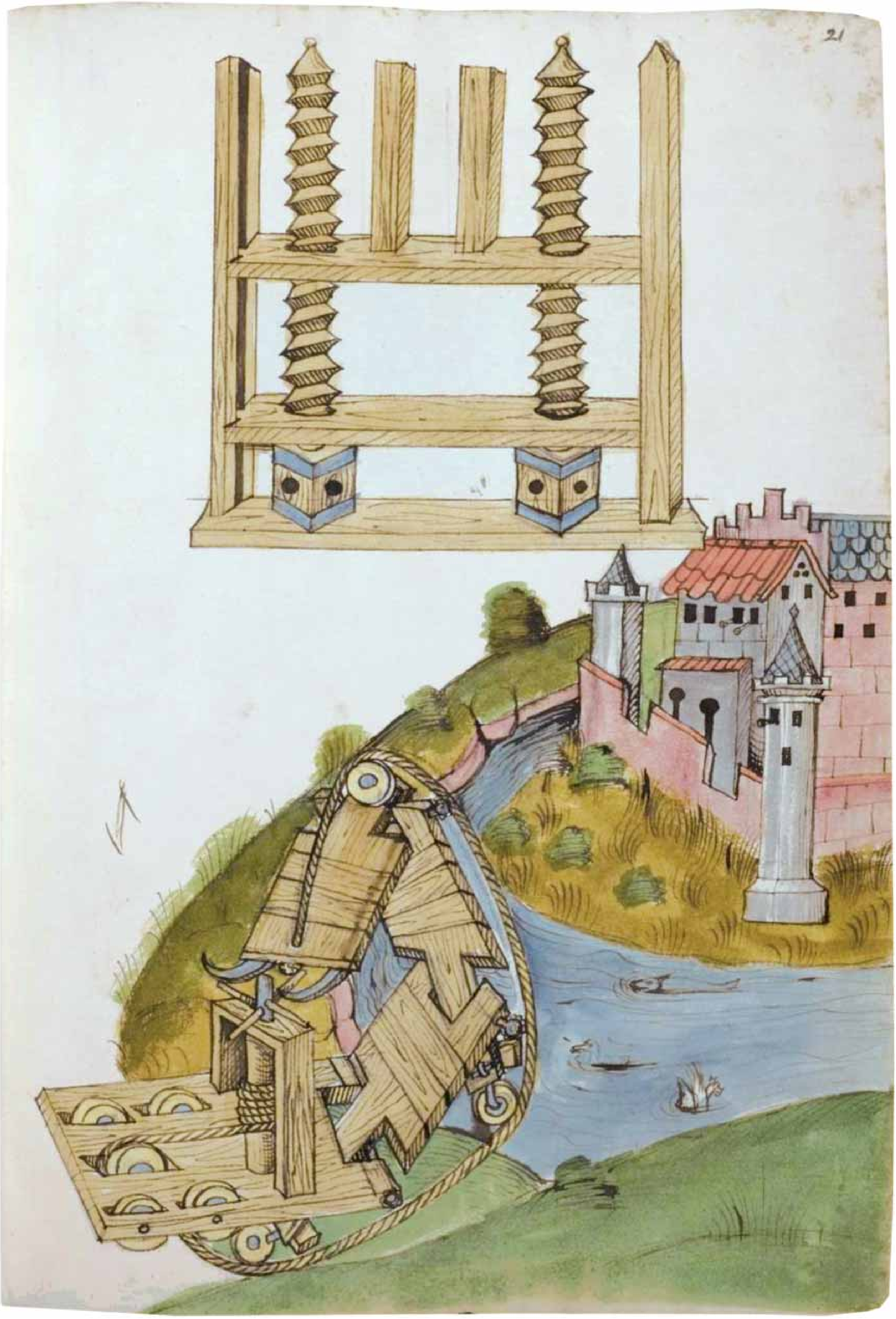

Partes nauis portatilis

NAVICVLAS alij ex papiro & cirpo & arundine alij saligno uimine
texunt bouisq; corio tegunt: ut Cesar in transitu Sicoris. Lucanus
Utq; habuit ripas Sicoris camposq; reliquit. Primum cana salix. ma-
defacto uimine paruam. Texitur in puppim, cesoq; induta iuuenco
Vectoris patiens tumidum superemicat amnem: Sic uenetus sta-
gnante pado, fusoq; Britannus. Nauigat oceano. sic cum tenet
omnia Nilus. Conseritur bibula memphitis cymba papiro: his ra-
tibus traiecta manus ;-

Roberto Valturio, De re militari. Parigi, Bibliothèque Nationale, lat. 7236, fol. 170v

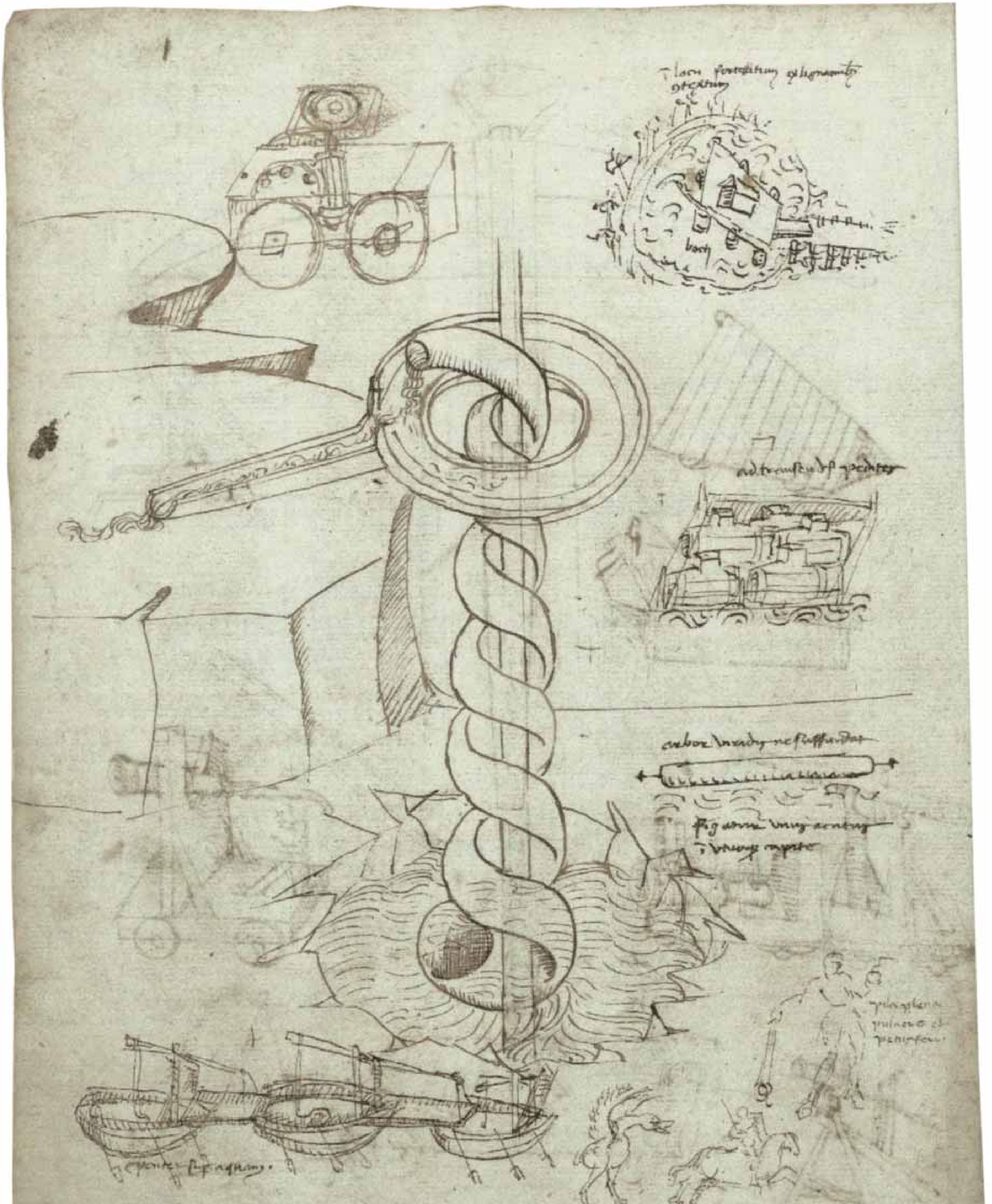


Roberto Valturio, De re militari. Torino, Archivio Storico Amma, fol. 109v



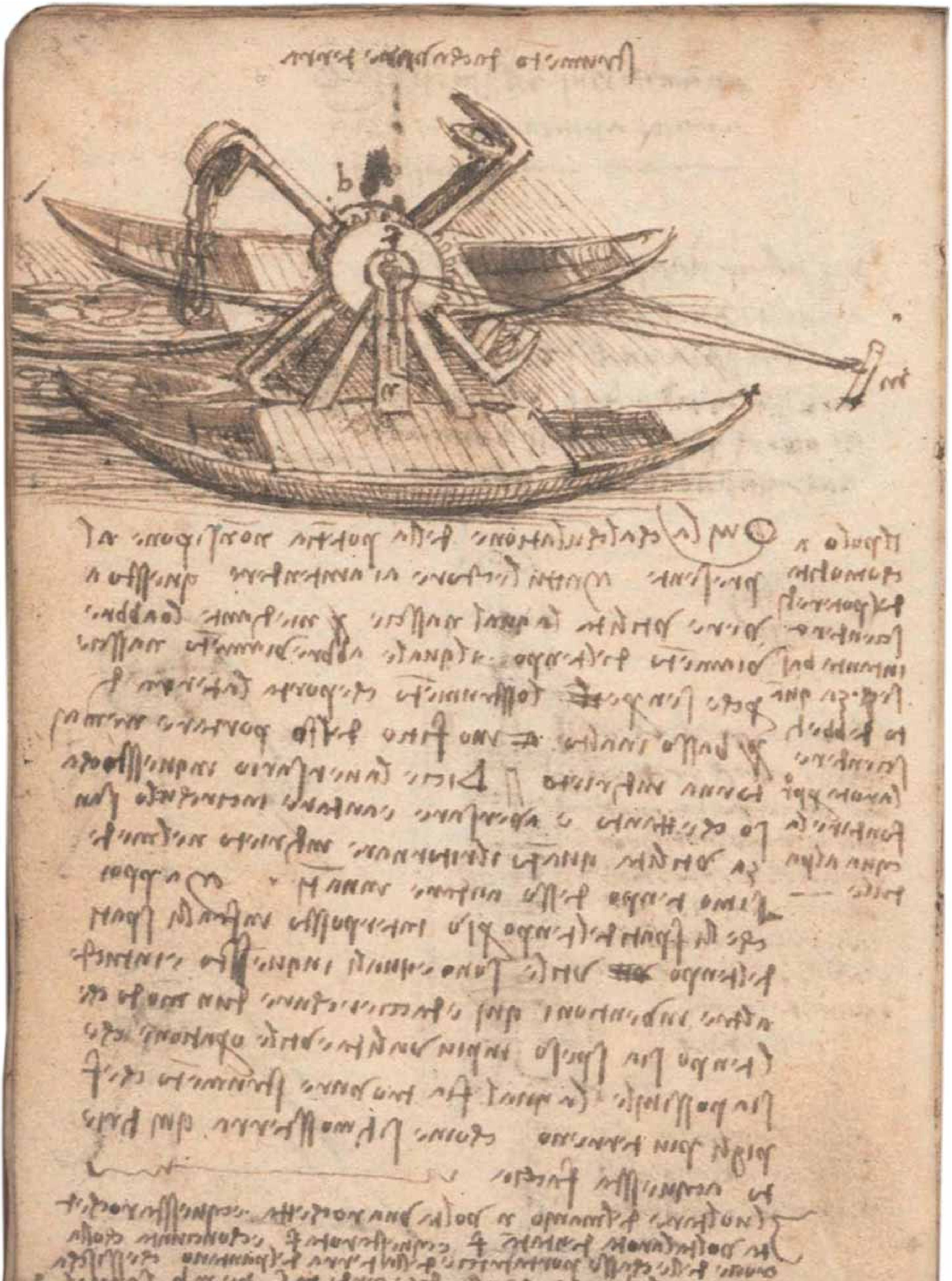
Philipp Mönch, Codex Palatino Germanica (CPG) 126, fol. 21r

Philipp Mönch, Codex Palatino Germanica (CPG) 126, fol. 33 r



Mariano di Jacopo detto il Taccola, De Ingeneis, fol. 38v

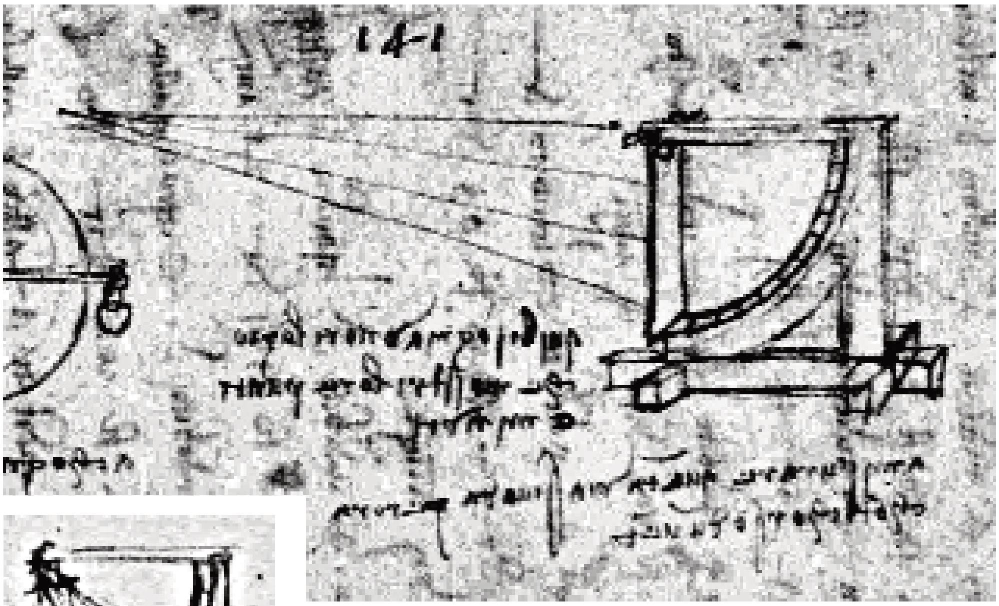
Mariano di Jacopo detto il Taccola, De machinis. Parigi, Bibliothèque Nationale, lat. 7239, fol. 87r



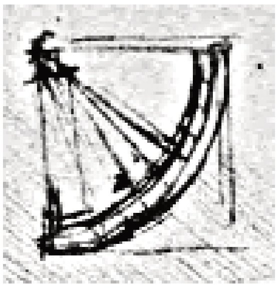
Leonardo da Vinci, Ms. E, fol. 75v

1. ANEMOMETRO

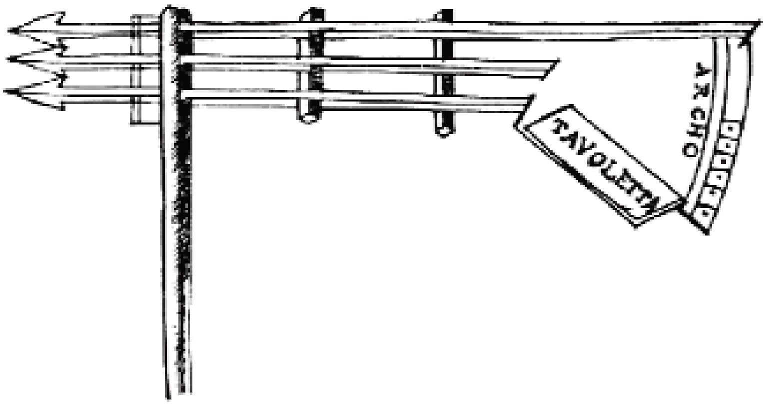
Lo strumento che misura la velocità del vento si basa sulla misurazione della sua spinta, ritenuta direttamente proporzionale alla sua velocità. Il modello più arcaico, fu descritto da Vitruvio e ripreso poi da Leon Battista Alberti nel 1450. Per grandi linee ricorda un inclinometro a gravità, con un'asta in grado di ruotare nel piano verticale su di un settore di 90°. L'azione del vento ne provocava la rotazione verso l'alto tanto maggiore quanto più veloce fosse stato. Leonardo ne lascia traccia in un suo schizzo.



1.



2.



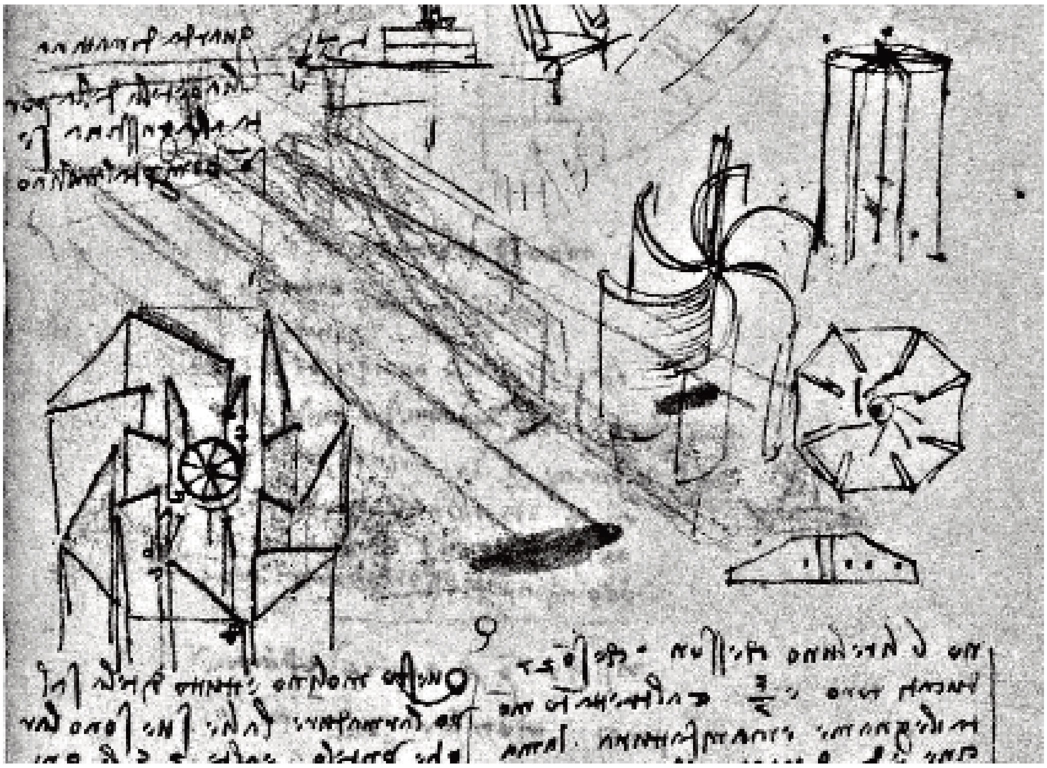
3.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 675r, dett.; 2. Idem, fol. 798r, dett.; 3. L'anemometro dell'Alberti, in Ludi Matematici, 1450.*

2. MULINI A VENTO

2.1 Mulini a vento ad asse verticale

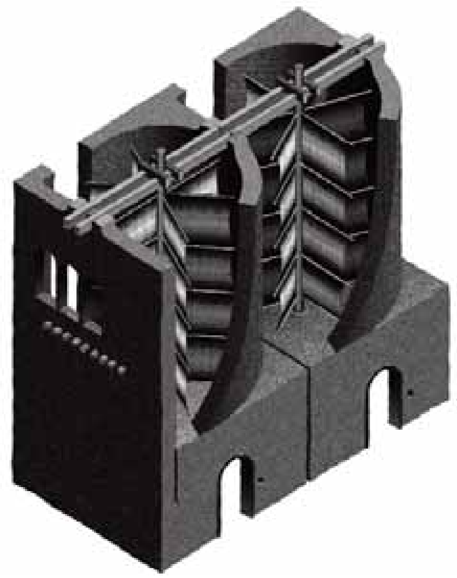
Nel Codice di Hammurabi (1792-1750 a.C.) si trova un riferimento a dei mulini a vento, utilizzati per l'irrigazione dei campi. Dovevano essere di tipo afgano, o persiano, e qualche esemplare è ancora in funzione. La loro girante consta di un asse al quale sono fissate delle vele verticali, fungenti da pale. Una schermatura del lato esposto, fa sì che l'impatto del vento sia parziale, provocandone perciò la rotazione. Della sua concezione, vi è ampia testimonianza nei taccuini dei predecessori di Leonardo, ma appena uno schizzo nei suoi.



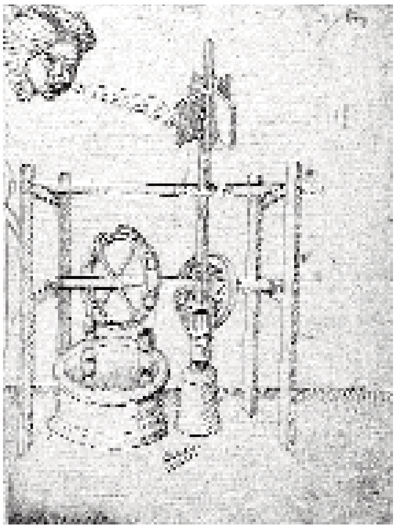
1.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid II, fol. 43v, dett.; 2-3. Ruderi e ricostruzione virtuale del mulino afgano; 4. Mariano Taccola, Palatino 766 (BNCF), fol. 37, dett.; 5. Idem, De Ingeneis, fol. 130v; 6. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano fol. 37r, dett.; 7. Idem, fol. 38v.*

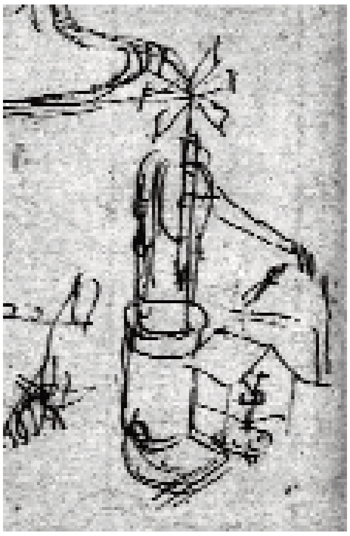
2.



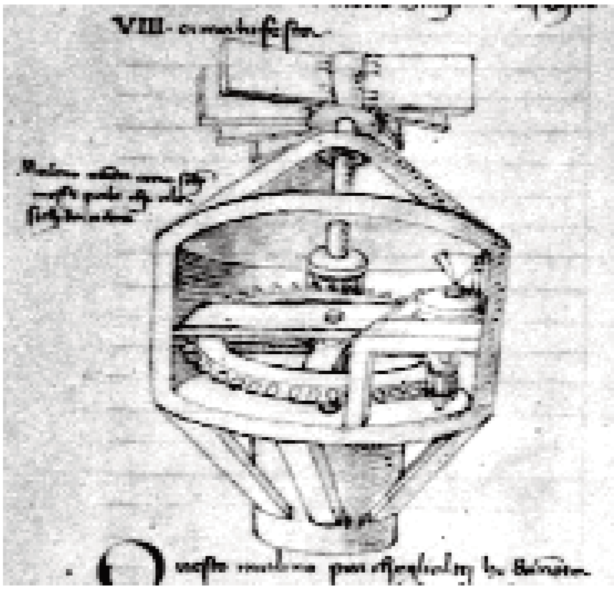
3.



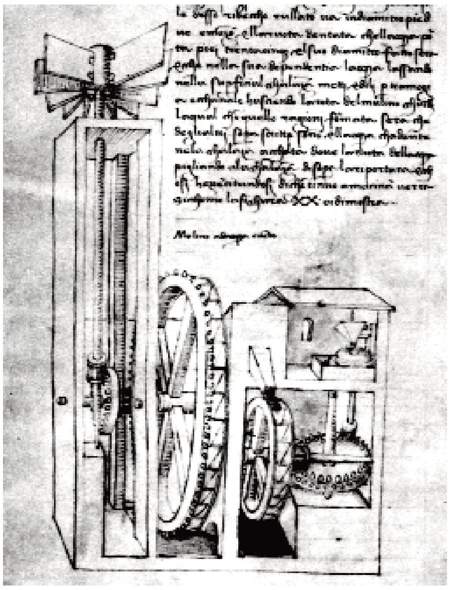
4.



5.



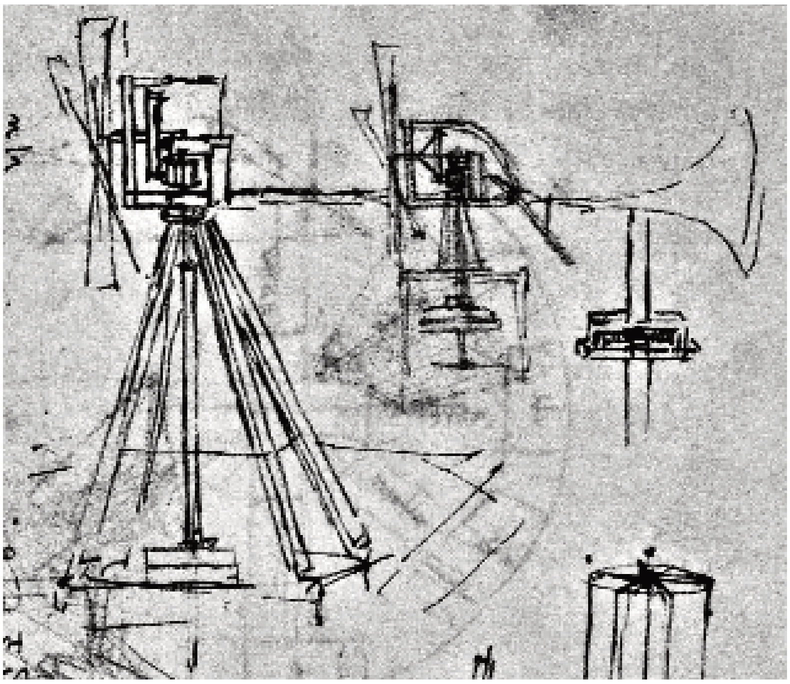
6.



7.

2.2 Mulini a vento ad asse orizzontale

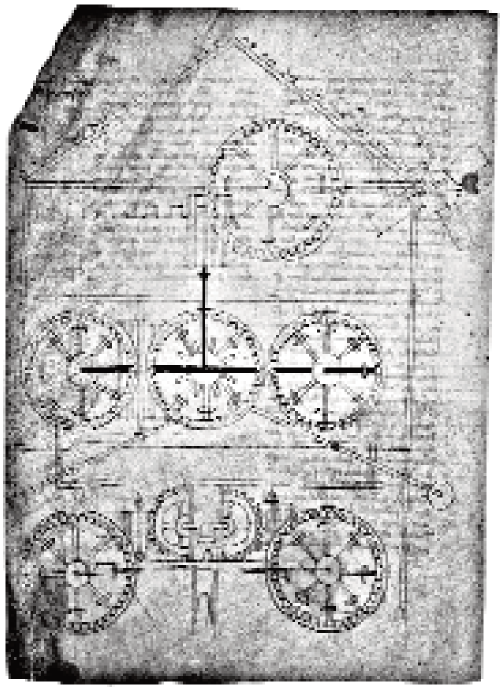
Il mulino a vento per antonomasia è quello ad asse orizzontale con le grandi pale verticali, collocate sulla sommità di un'apposita torre, frequentissimo nella Spagna medievale e nei Paesi Bassi. Nei disegni di Leonardo se ne trova almeno uno schizzo, peraltro non dei suoi migliori, forse semplicemente un appunto grafico preparatorio. Va osservato che nei disegni del Taccola e di Francesco di Giorgio, è presente un tipo diverso di mulino a vento ad asse orizzontale, orientato a mano, destinato a funzionare ponendosi ortogonalmente alla direzione del vento e non frontalmente.



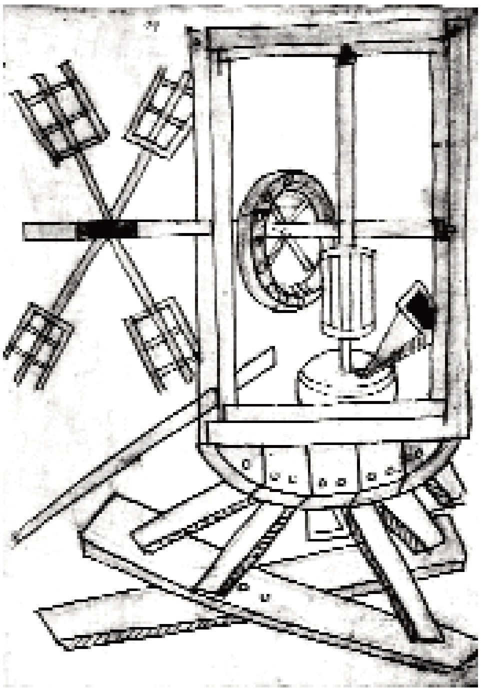
1.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid II, fol. 43v, dett.; 2. Guido da Vigevano, Texaurus Regis Francie, fol. 52v; 3. Anonimo della guerra Ussita, fol. 19r; 4. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 192r; 5. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 165; 6. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 38r, dett.; 7. Mulino di tipo cretese, in uso presso i Paesi Bassi.*

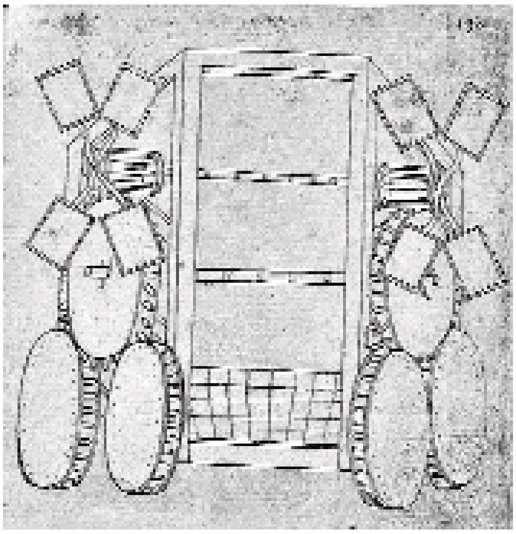
Copyright Edizioni Scientifiche e Artistiche - Riservato



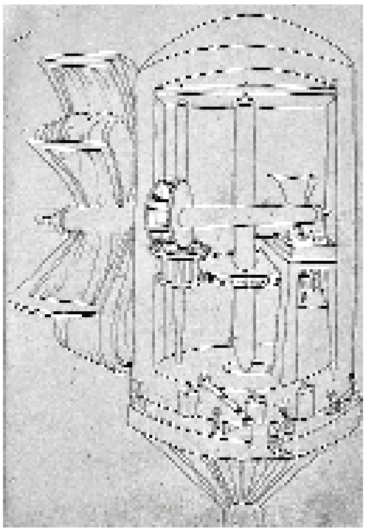
2.



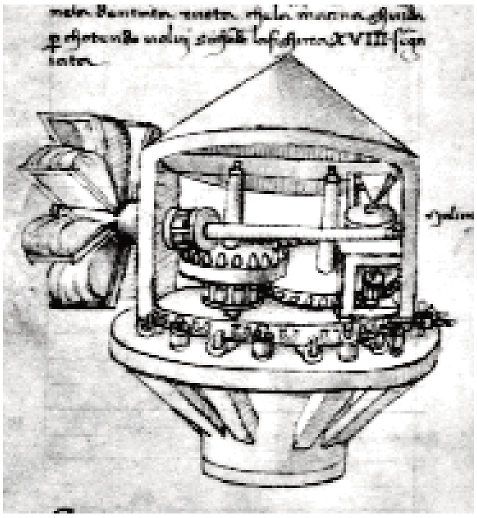
3.



4.



5.

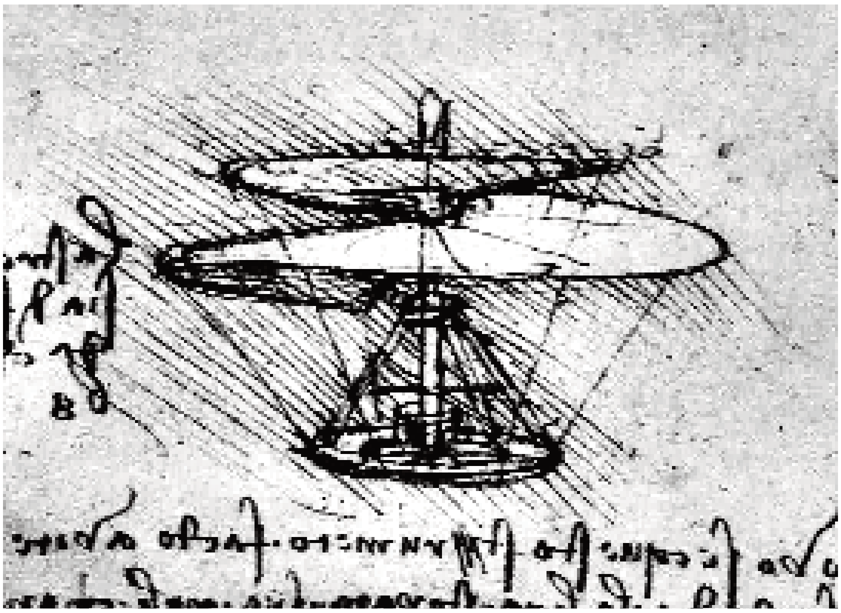


6.

7.

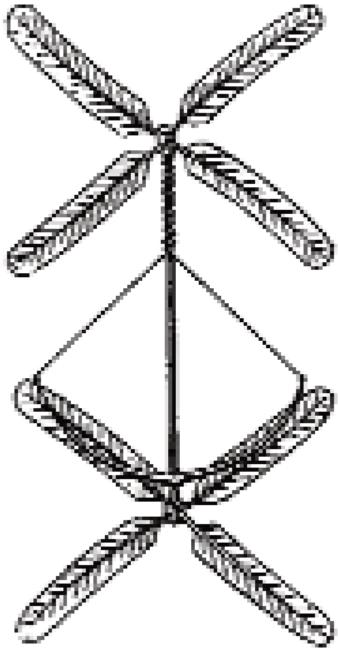
3. VITE AEREA

La vite aerea di Leonardo, generalmente definita elicottero, al di là delle sue utopiche potenzialità di funzionamento, dal punto di vista meccanico è una variante di quella della sua trivella. Vanta un singolare precedente ludico: una buccia d'arancio tagliata a spirale, sorretta da un chiodo sopra un braciere, posta in rotazione dalla sua aria calda ascendente. Ne derivò uno strumento scientifico detto termoscopio. Leonardo la immaginò a funzionamento invertito: di certo le prime eliche marine impiegate al posto della ruota a pale nelle navi a vapore avevano la forma della sua vite aerea.

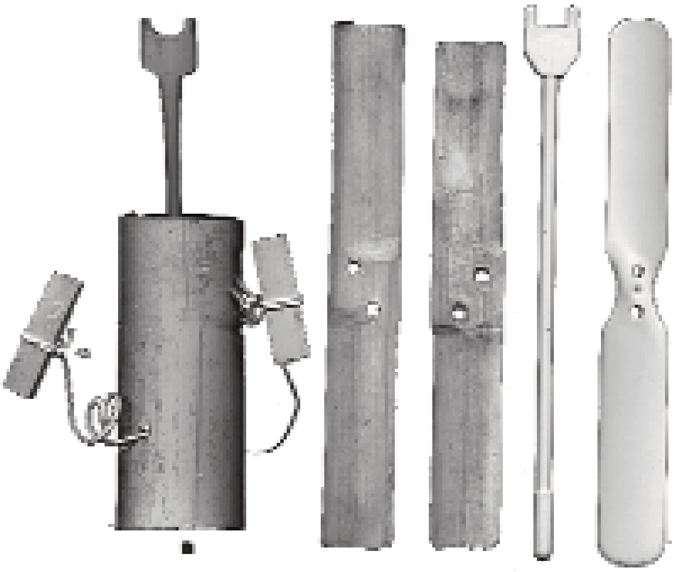


1.

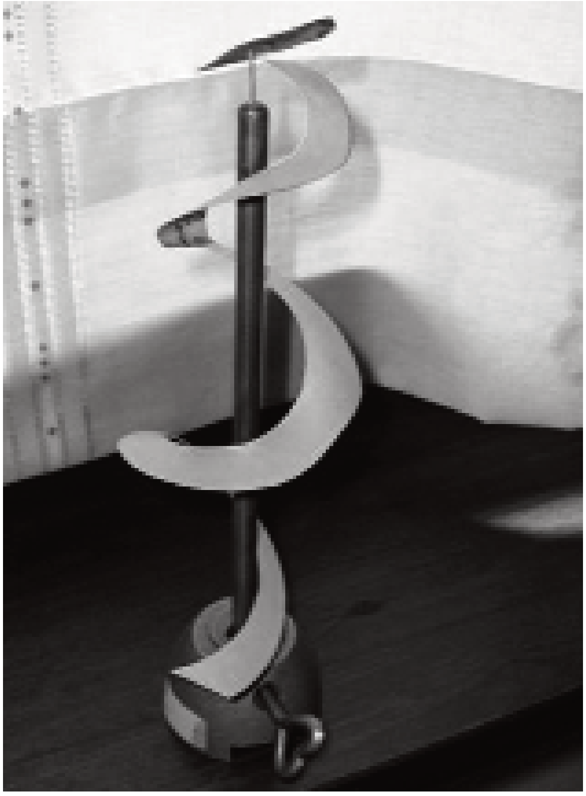
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Ms. B, fol. 83v, dett.; 2. Antica stampa cinese che mostra un giocattolo volante in bambù realizzato nel '400 a.C. e ritenuto il vero antenato dell'elicottero; 3. Lo stesso giocattolo, oggi, scomposto nelle varie componenti: tirando il cordino si produce la rotazione dell'albero e dell'elica che per conseguenza se ne distacca sollevandosi; 4. Un termoscopio; 5. Un'antica elica a vite.*



2.



3.

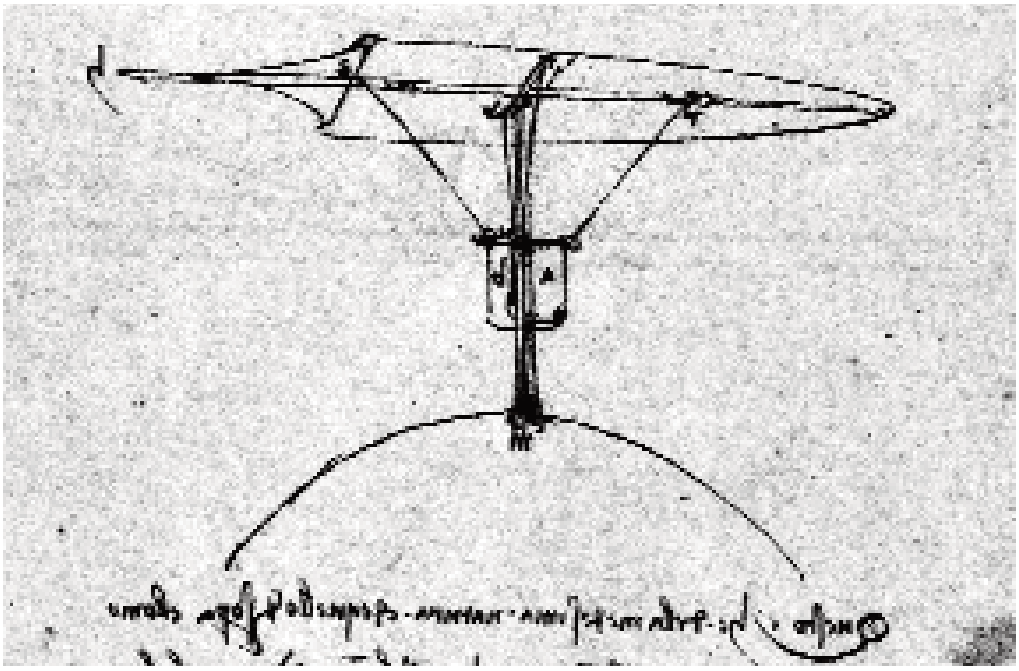


4.

5.

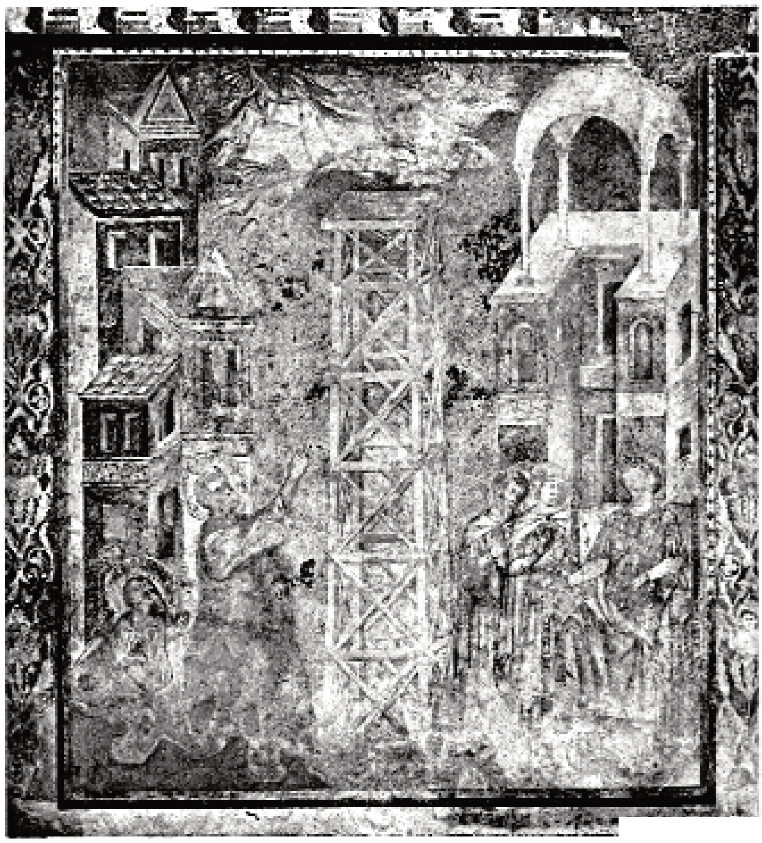
4. ALIANTE-DELTAPLANO

L'ambito inventivo in cui l'apporto di Leonardo viene giudicato concordemente più originale è quello del volo umano. Ma trascurando le velleitarie ali battenti, l'unica concreta potenzialità di sollevamento umano sarebbe stato il volo librato, con l'aliante o col deltaplano secondo la moderna definizione. Compatibile con la vigente tecnologia, forse fu da lui realmente sperimentato. Se mai accaduto non costituì, pero, una novità assoluta. In Giappone, come pure in Cina, sin dai primi secoli a.C. si costruivano aquiloni giganti, di circa 4-500 mq di superficie in grado di sollevare due uomini avvinti ad essi con un'apposita imbracatura. La struttura era realizzata con nervature di bambù e con membrane di pergamena. Marco Polo li descrisse e precisò che a bordo di aquiloni siffatti erano posti a volte dei pazzi o degli ubriachi per indagare il futuro. Quando la descrizione giunse in Occidente se ne costruirono anche a Roma nel XIV secolo. Del resto è molto probabile che qualcosa di simile fosse il sistema di ascensione utilizzato da Simon Mago, schiantatosi dinanzi all'imperatore Nerone e tacciato di empietà e blasfemia dalla Chiesa.



1.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 64r, dett.; 2. Cimabue, transetto destro, La caduta di Simon Mago in volo sul Foro Romano; 3. Bassorilievo con raffigurata la punizione di Simon Mago; 4-5. Vedute della costruzione di un aquilone gigante giapponese in una rarissima foto del 1914, in grado di sollevare uno o due uomini.*



2.

3.

4.

5.

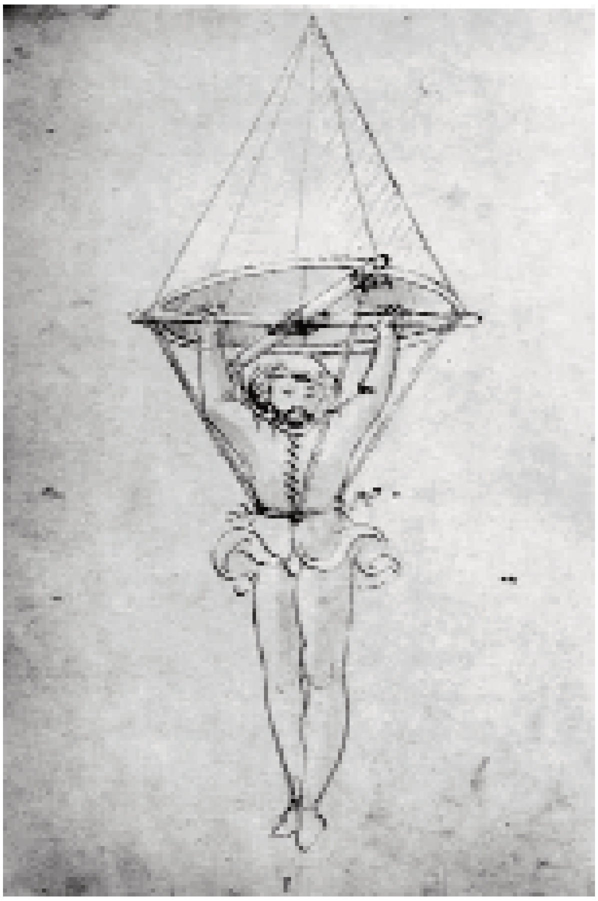
5. PARACADUTE

L'invenzione del paracadute appare per lo meno strana, prospettando la salvezza nel caso di avaria di un mezzo di là da venire! Non esistevano, infatti, impieghi alternativi, se non di tipo circense. Ed, infatti, si sa di acrobati cinesi che intorno al mille si lanciavano da alte torri mantenendosi appesi ad una sorta di ombrellone. Semplice, comunque, il suo criterio informatore che si rifà all'ombrello, già impiegato nel secondo millennio a.C. Quanto al corretto dimensionamento appare già risolto prima dello schizzo di Leonardo del 1480, come conferma il disegno di un paracadute, più dettagliato, di forma conica del 1470.

1.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 1058v, dett.; 2. Bassorilievo con Serse I al riparo di un ombrello; 3. Anonimo, 1470, British Museum, Ms. 31,133, fol. 200v.*

2.

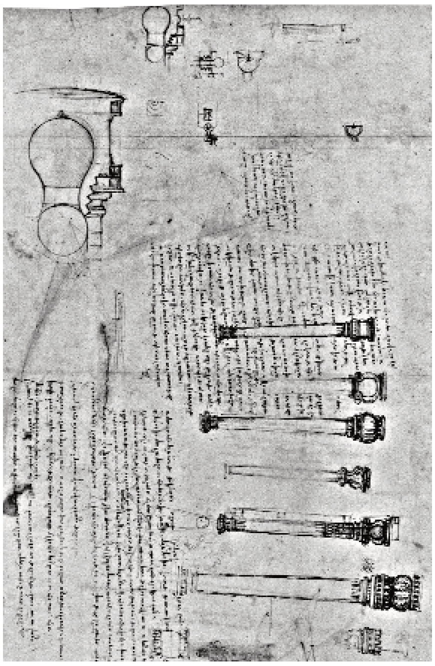


3.

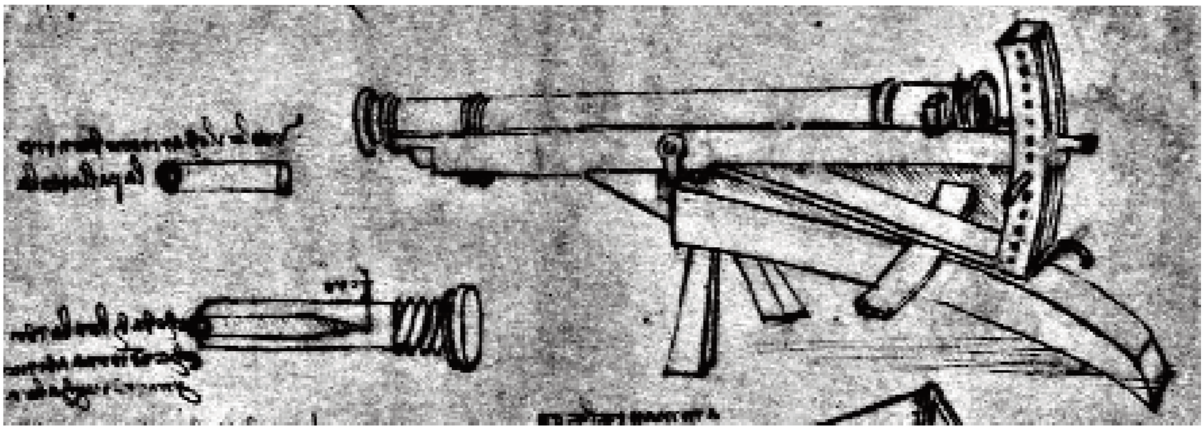
1. ARTIGLIERIA

1.1 Petriere e bombarde

Nel settore militare Leonardo non mostra alcun avanzamento rispetto alla tecnologia vigente, ed in molti casi appare addirittura in ritardo. È evidente nell'architettura militare, dove continua a progettare castelli tardo medievali ormai del tutto giubilati, e più ancora nell'artiglieria con grandi bombarde già da museo! Bombarde assolutamente analoghe a quelle di Francesco di Giorgio, ed ancora prima a quelle di Ghiberti e soprattutto a quelle usate dai Turchi nel 1453, nell'assedio di Costantinopoli. Quanto alla sua presunta invenzione della retrocarica va precisato che i suoi disegni sono relativi a petriere, pezzi sin dal XV secolo sempre e soltanto a retrocarica! A chiuderne la culatta provvedeva un apposito otturatore camerato, detto 'mascolo' nel quale stava la polvere e il proietto frammentato, perlopiù schegge di pietra o di metallo.

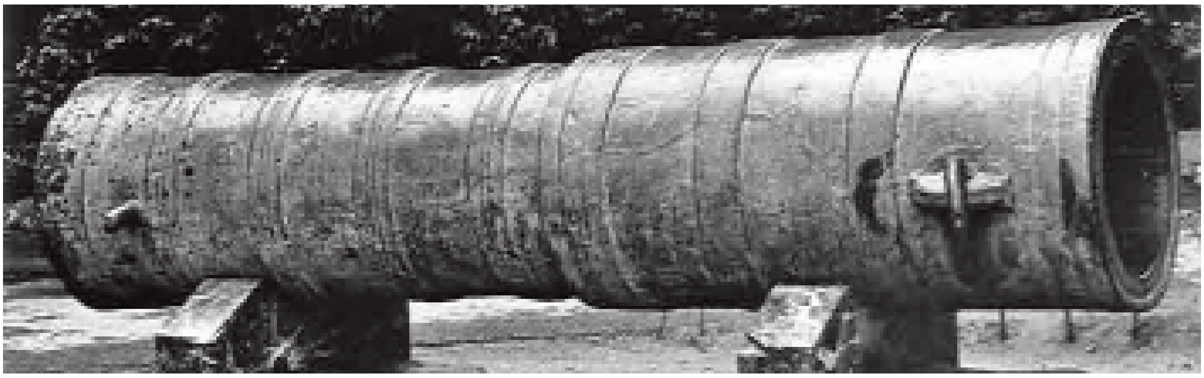


1.

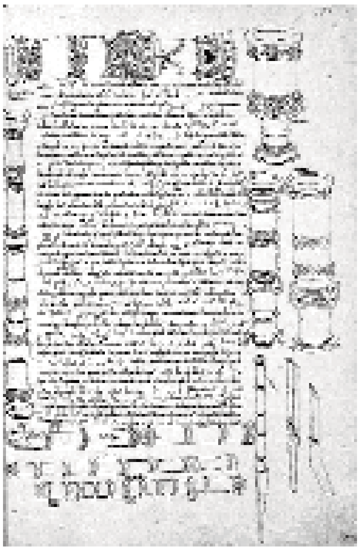


2.

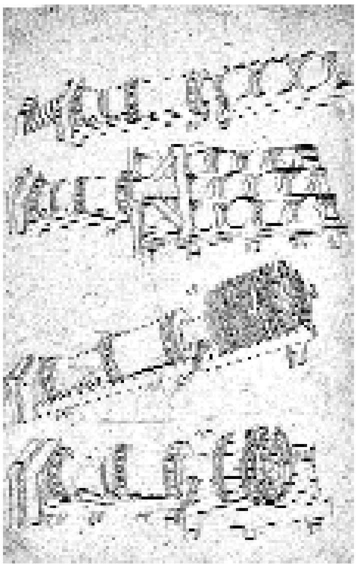
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 79v, dett.; 2. Idem, fol. 32r, dett.; 3. Bombarda turca del XIV-XV sec.; 4. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 48r; 5. Idem, fol. 222v; 6. La bombarda grossa di Ravenna, Museo Nazionale, con dettagli del mascolo, XV sec..*



3.



4.

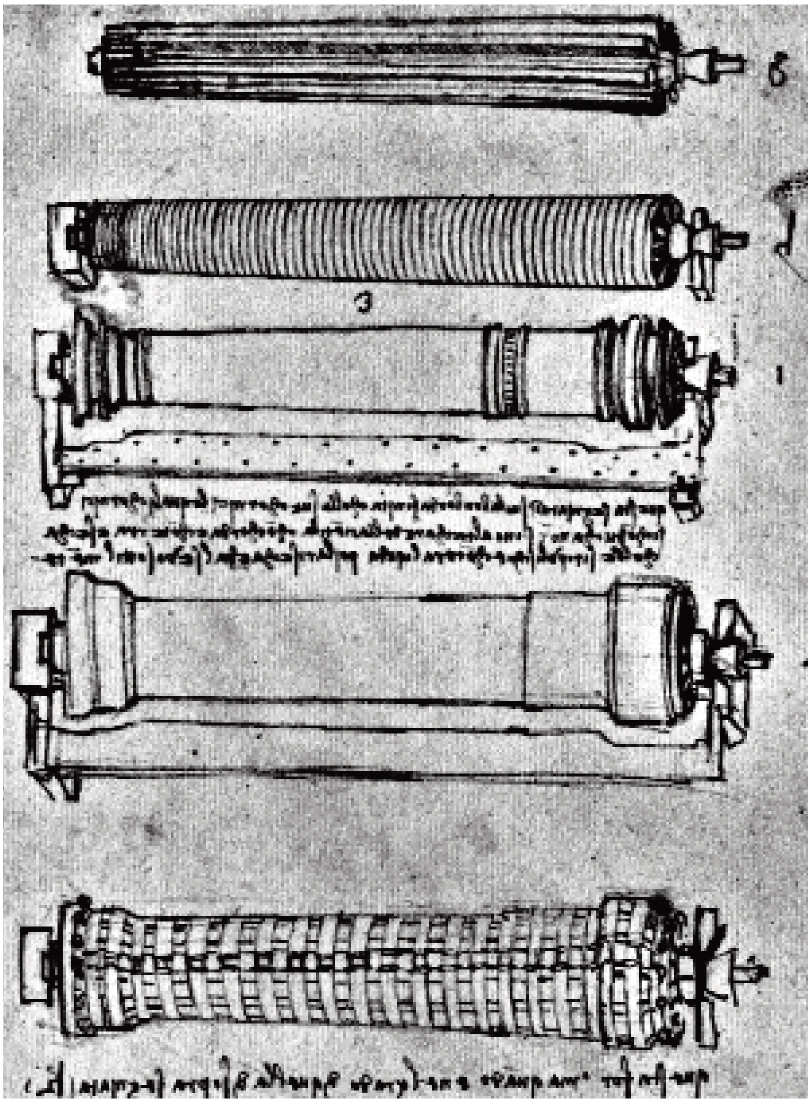


5.

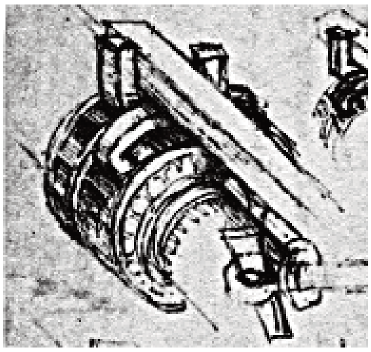
6.

1.2 Artiglieria pesante da assedio

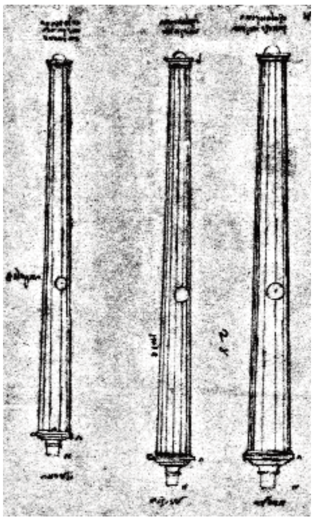
Le bombarde disegnate da Leonardo sono di modello tradizionale ed arcaico. Molte erano costruire in due pezzi, che andavano poi avvitati fra loro, alla meno peggio. La loro costruzione avveniva per getto in forme cave munite di nocciolo per ricavare così l'anima in maniera approssimata, e non per alesatura come nei cannoni francesi di Carlo VIII. Di essi proprio Leonardo lascia una attenta testimonianza grafica.



1.

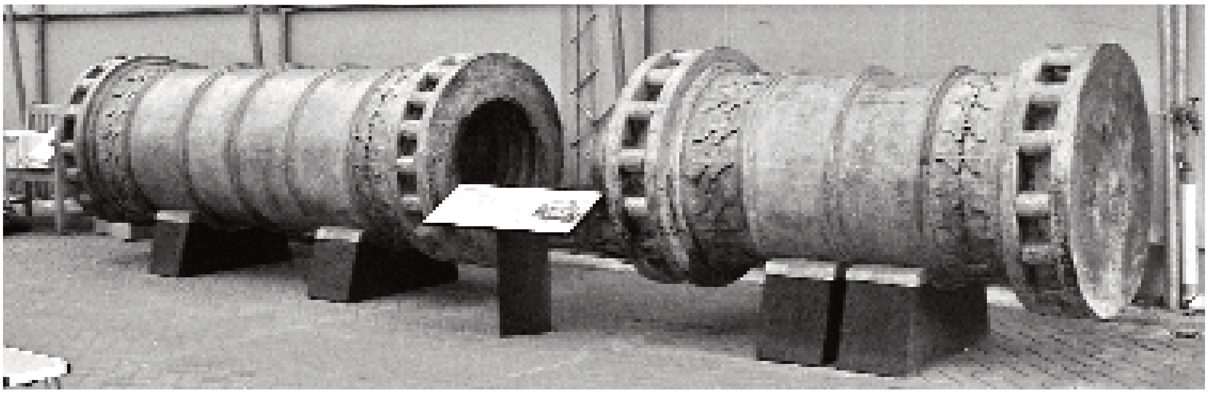


2.

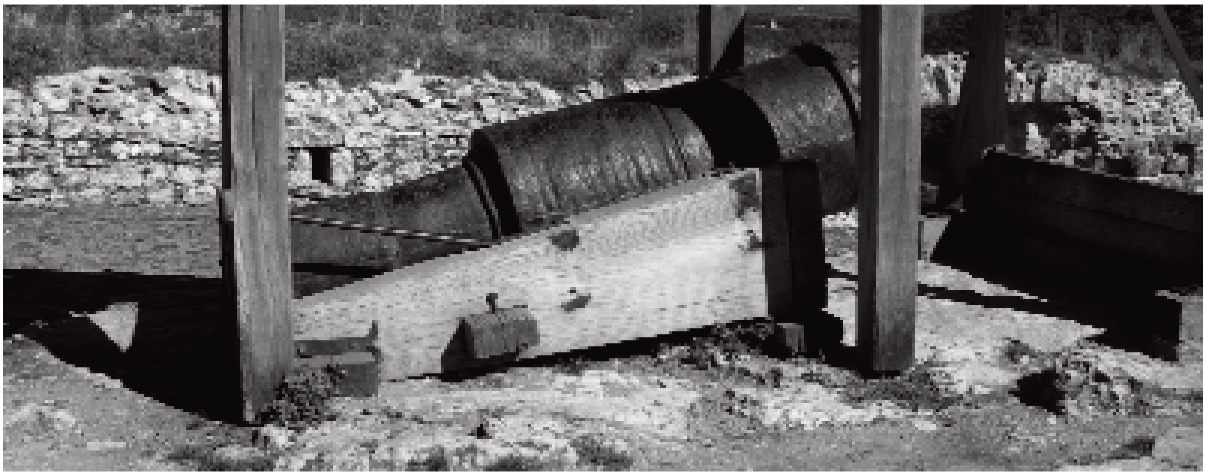


3.

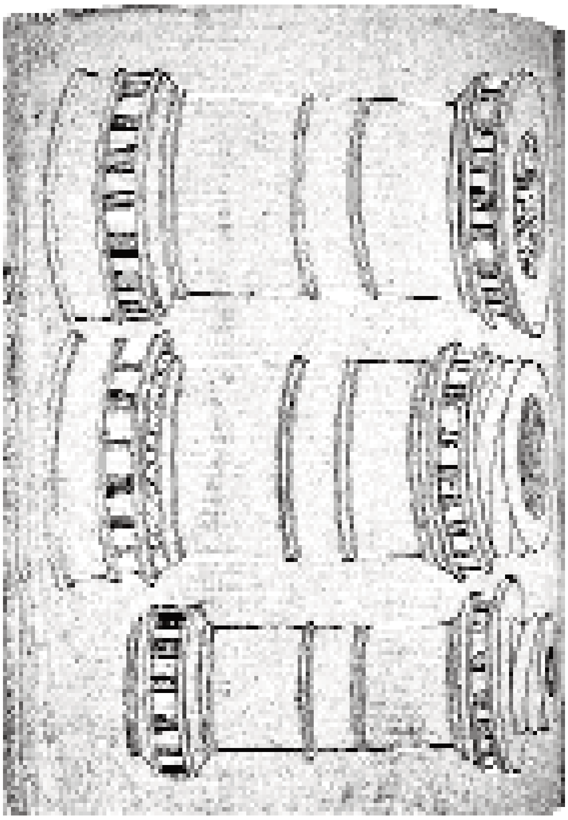
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 61r, dett.; 2. Idem, fol. 37r, dett.; 3. Idem, fol. 63r, dett.; 4-5. Bombarda a tromba e mascolo avvitati della prima metà del XV sec.; 6. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 91v, dett.; 7. Philipp Mönch, Palatino Germanica 126, fol.7r, dett.; 8. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), f. 157, dett.; 9. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 194r; dett..*



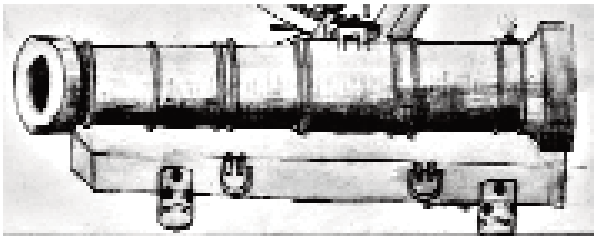
4.



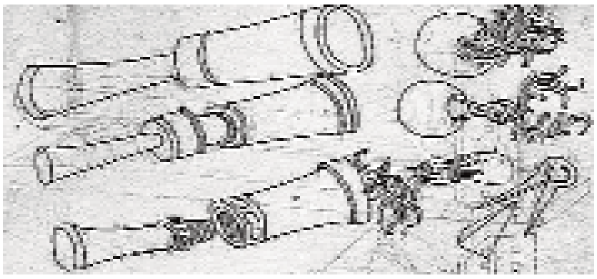
5.



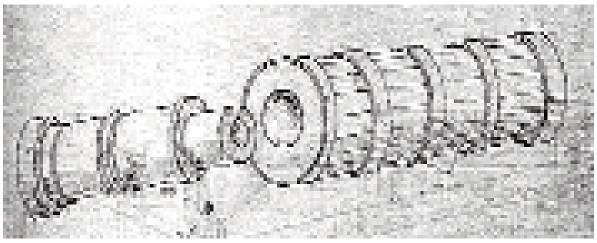
6.



7.



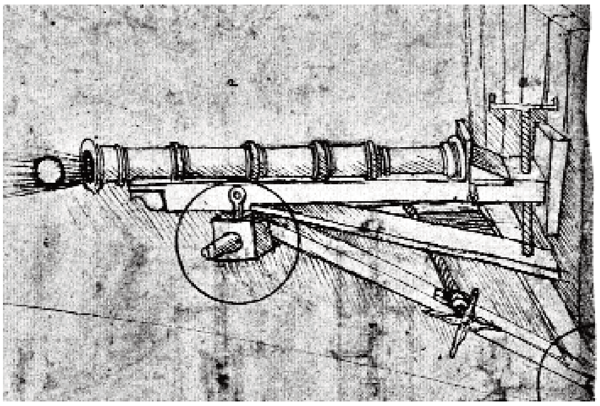
8.



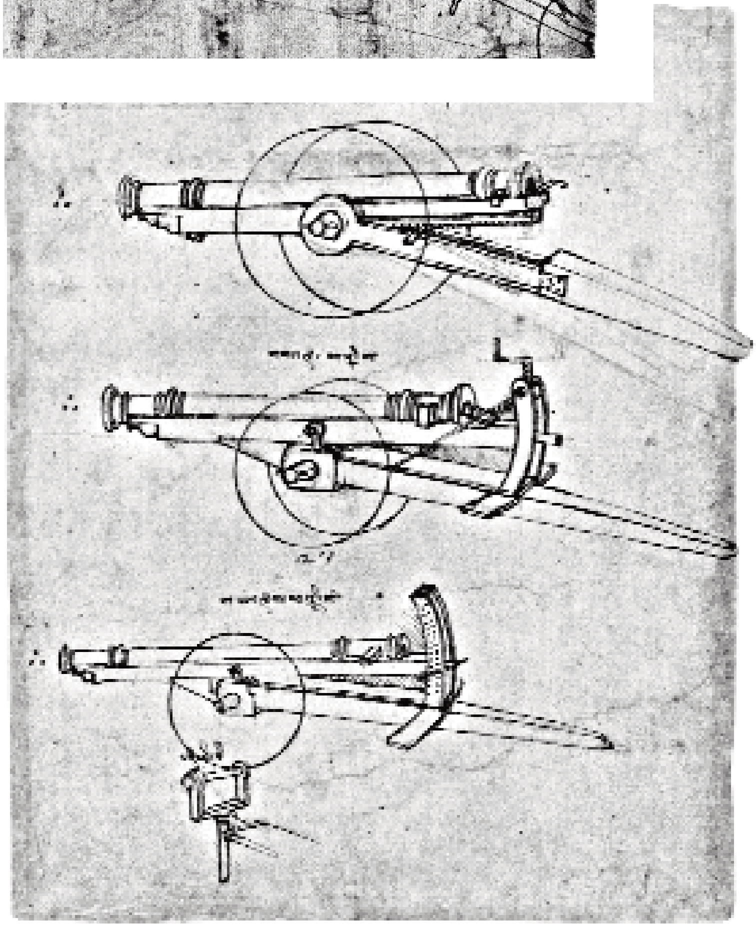
9.

1.3 Dispositivi di alzo

Nel giro di un secolo dalla loro comparsa, le artiglierie lasciarono il trasporto su approssimate carrette per dotarsi di adeguati affusti ruotati che, oltre agli spostamenti, garantivano una facile e rapida messa in batteria. Allo scopo furono ideati diversi sistemi per fornire al pezzo la necessaria inclinazione per una determinata gittata. Il dispositivo venne definito alzo: Leonardo al pari dei suoi predecessori ne propone di varie concezioni. Da notare che tutti i cannoni disegnati da Leonardo non hanno ancora gli orecchioni, gli sporti laterali fungenti da asse, a differenza dei coevi francesi di gran lunga più avanzati. Pertanto, l'alzo non agisce sul cannone, ma sul letto di legno a cui è avvinto con funi o bandelle, sistema che non poteva sopportare cariche di lancio più consistenti.

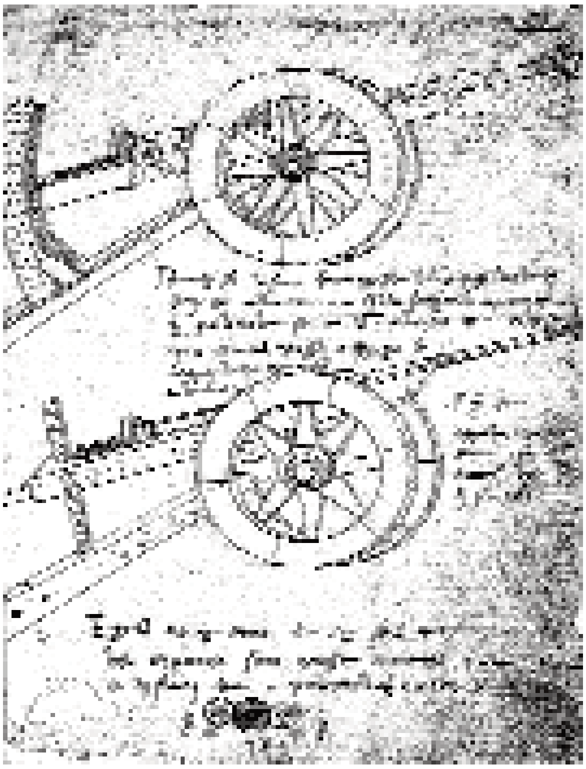


1.

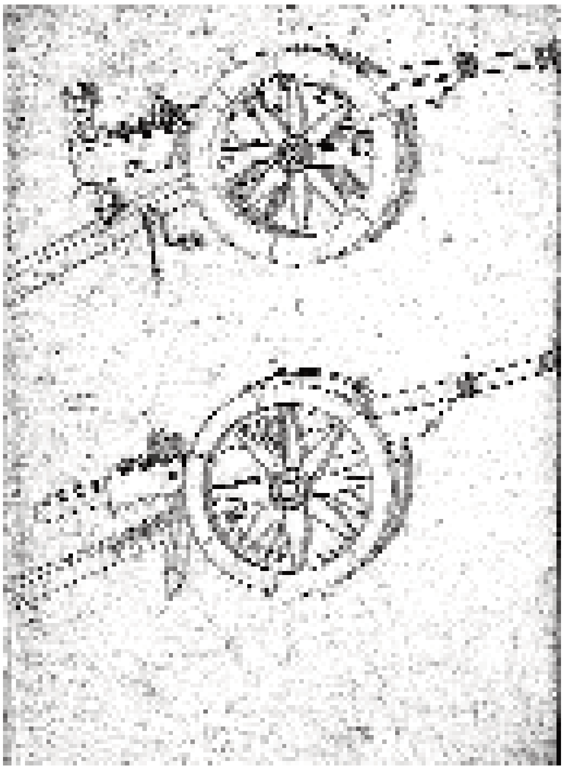


2.

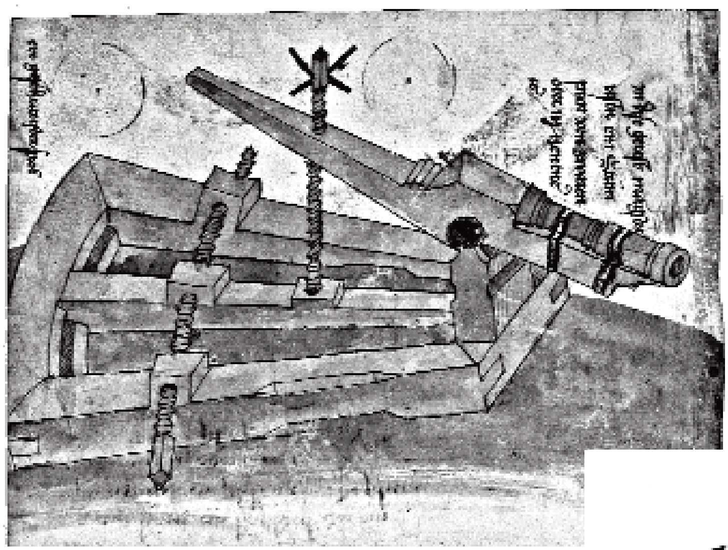
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 114v, dett.; 2. Idem, fol. 76v; 3. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 88r; 4. Idem, fol. 85v; 5. Johannes Formschneider, fol. 63v; 6. Philipp Mönch, Palatino Germanica 126, fol. 26r.*



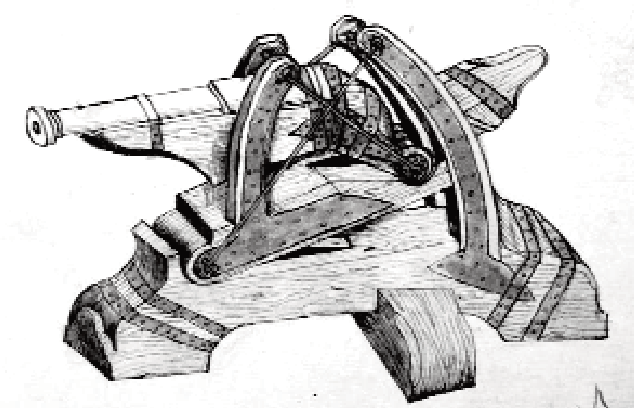
3.



4.



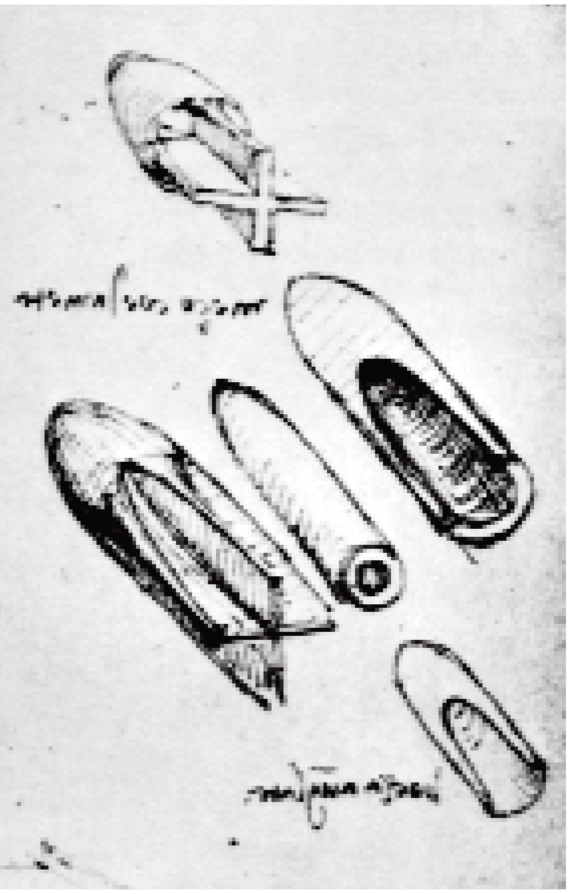
5.



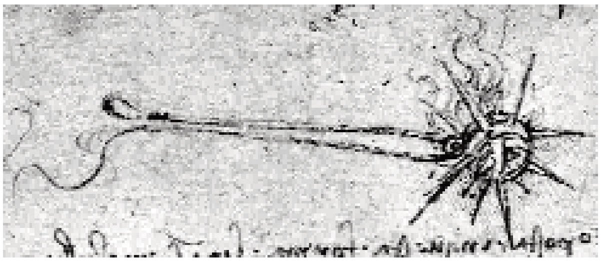
6.

1.4 Proietti cilindro-ogivali e shrapnel

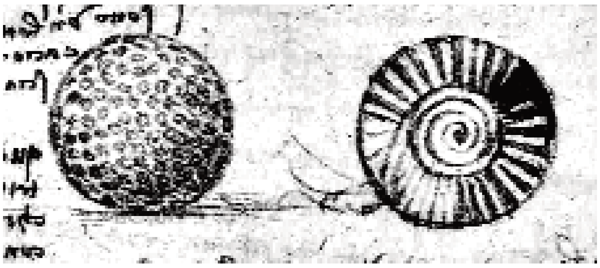
In almeno un disegno di Leonardo, compare un proietto di forma cilindrico-ogivale, con i quattro governali ricavati nella rastremazione posteriore. Un proietto di forma analoga appare anche nei disegni di Francesco di Giorgio, e più dettagliatamente in quelli di Taccola, dove si riconosce, oltre ai governali, la miccia per la carica interna che li assimila alle granate. Di granate, la cui miccia veniva accesa prima del lancio, se ne riscontrano già a partire dal XIV secolo, con inequivocabili dettagli. Quelle rappresentate da Leonardo, scagliate da mortai e che esplodendo lanciano a loro volta dei pallettoni, sono appunto delle granate, termine mutuato per ovvie ragioni dal noto frutto del melograno.



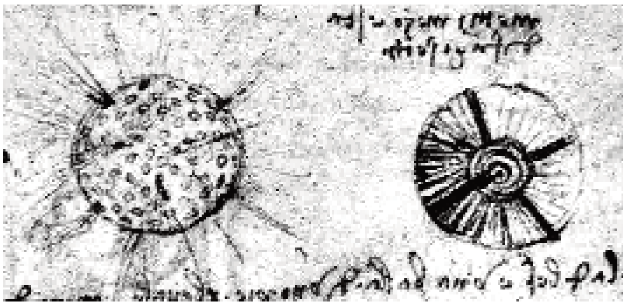
1.



2.



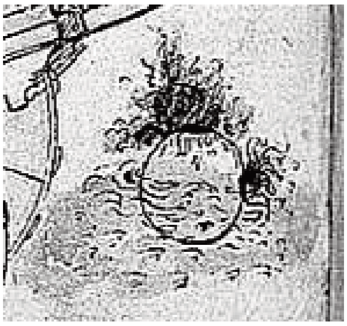
3.



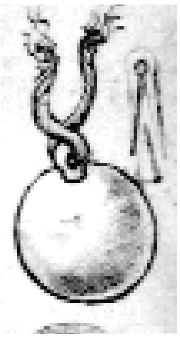
4.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Arundel, fol. 54r, dett.; 2. Idem, Ms. B, fol. 30v, dett.; 3. Idem, fol. 31v; 4. Idem, fol. 80v; 5. Johannes Fontana, fol. 13r; 6. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 88v; 7. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, cod. Saluzziano, fol. 54v, dett.; 8. Johannes Fontana, fol. 12v; 9. Mariano Taccola, De Ingeneis, fol. 124r; 10. Idem, fol. 87v.*

5.

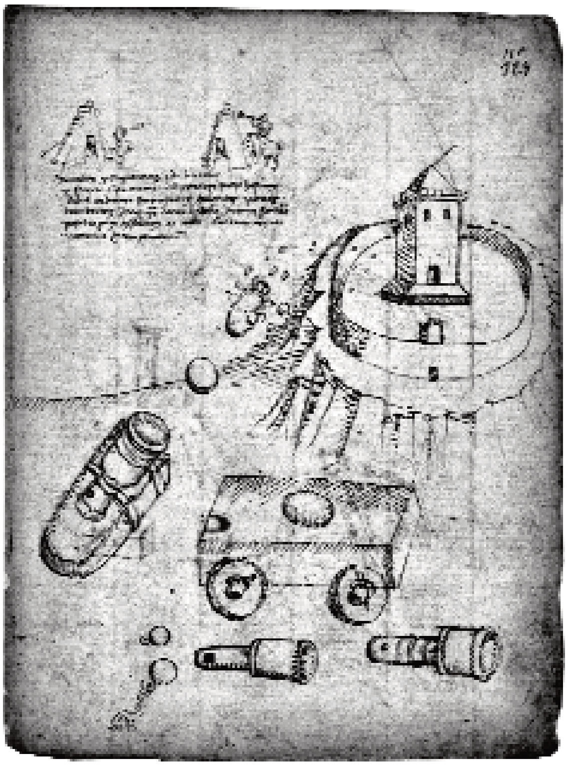


6.

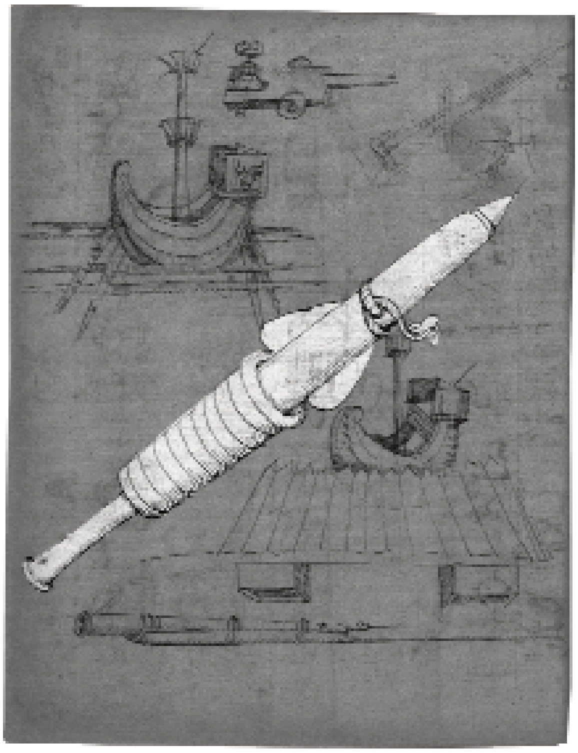


7.

8.



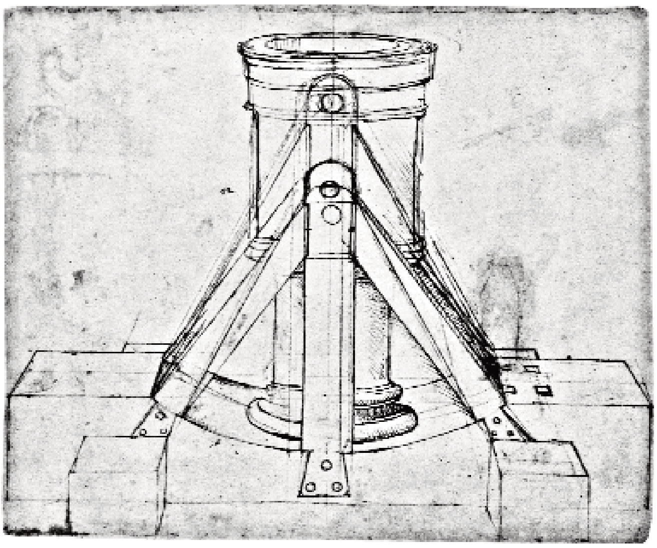
9.



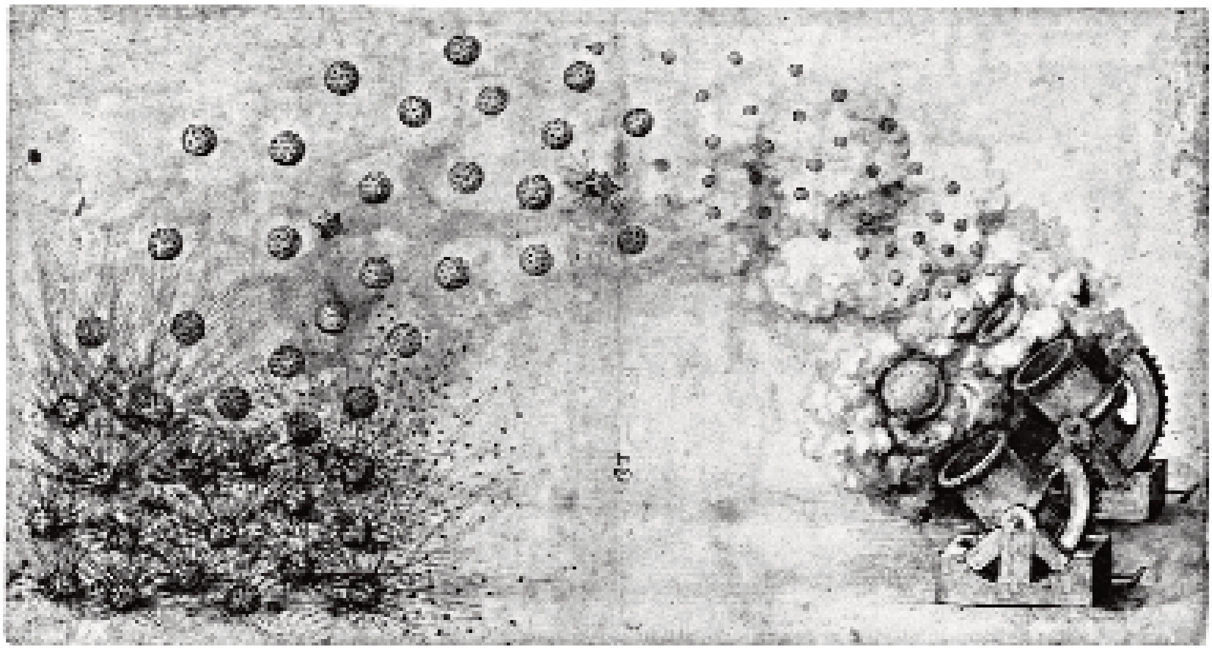
10.

2. MORTAI D'ASSEDIO

In età classica l'artiglieria elastica a braccio unico, nota come onagro, ed in età medievale quella a contrappeso, sempre a braccio unico, nota come trabocco, tiravano con traiettorie fortemente paraboliche, in modo da scavalcare le mura. Tra le artiglierie a polvere quella funzione sin dagli inizi del XIV fu assunta dal mortaio, un pezzo dall'anima molto corta e, per conseguenza, dal tiro molto arcuato, che traeva il nome dal noto utensile per pestare. Per esaltarne la prestazione l'affusto che lo supportava con l'anima quasi verticale, non poteva avere ruote, ma delle robuste travi d'appoggio.

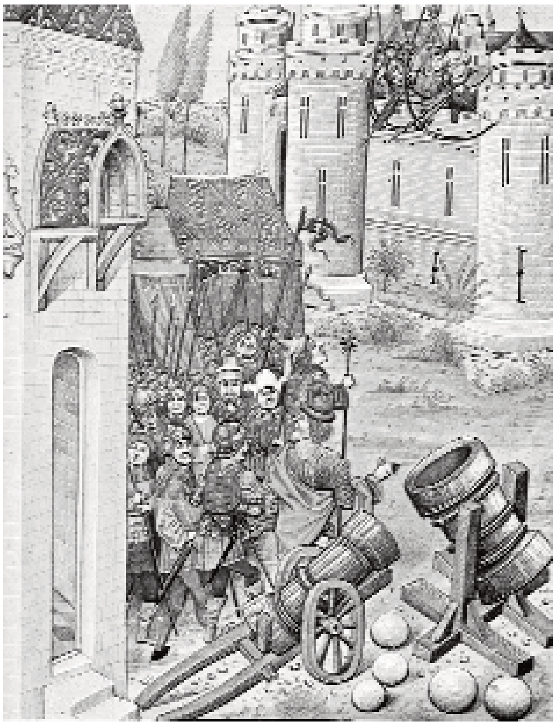


1.

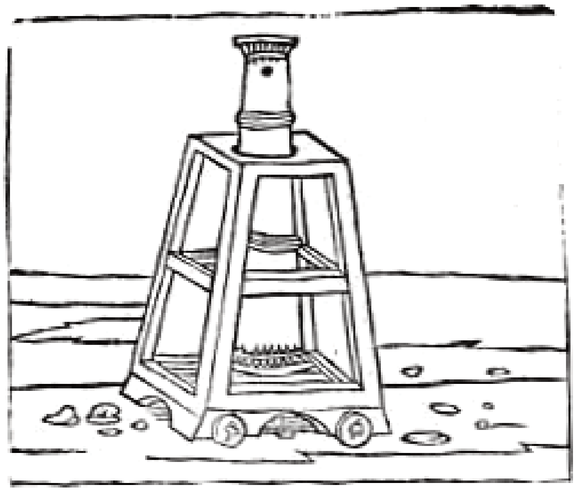


2.

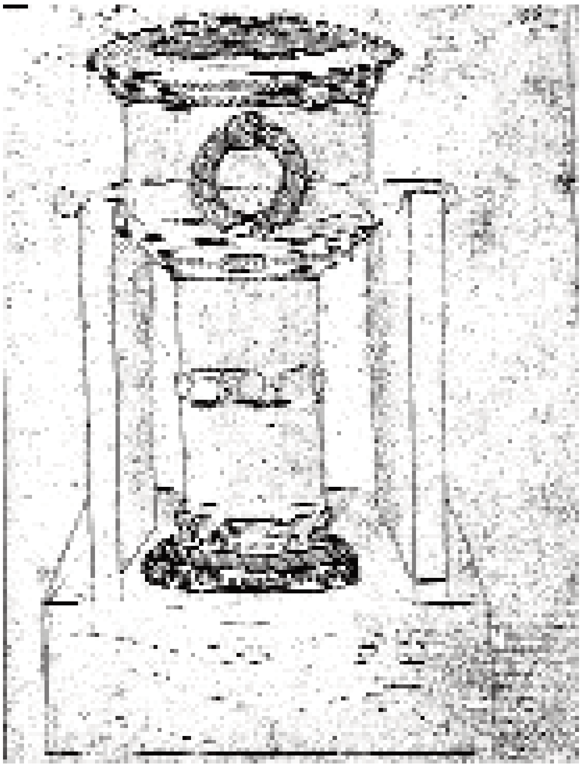
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 59v, dett.; 2. Idem, fol. 33r; 3. Codice inglese del XV sec.; 4. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 452; 5. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 86r; 6. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 153; 7. Ulrich Bessnitzer, fol. 16r, dett..*



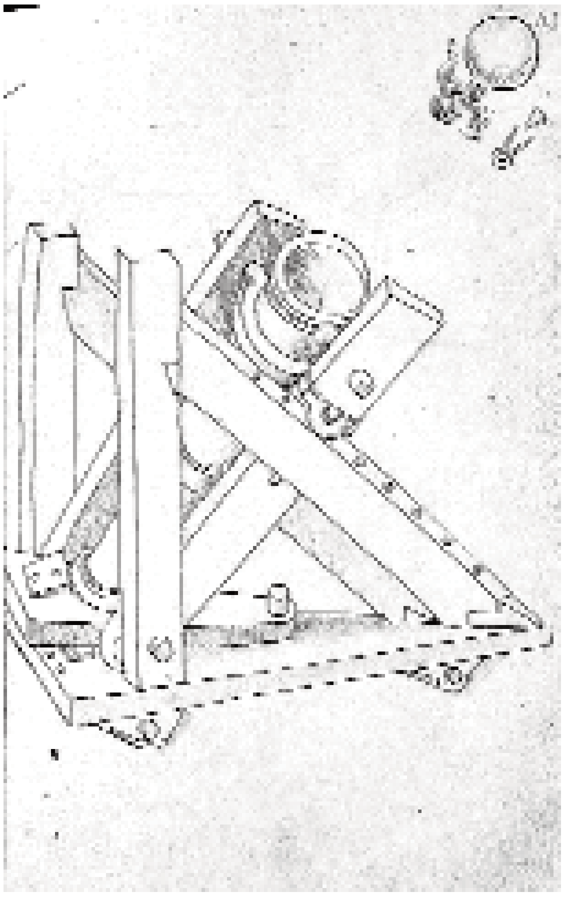
3.



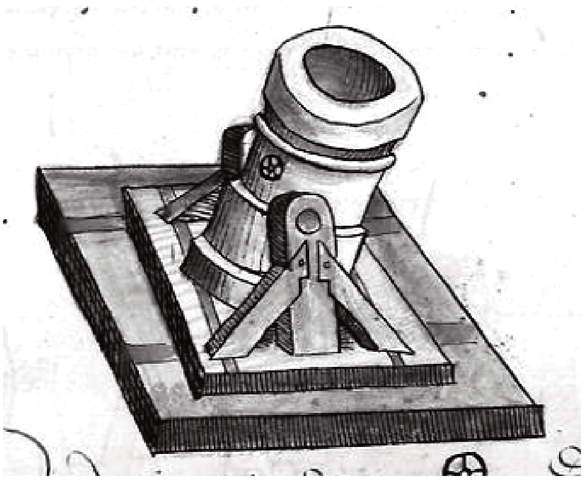
4.



5.



6.

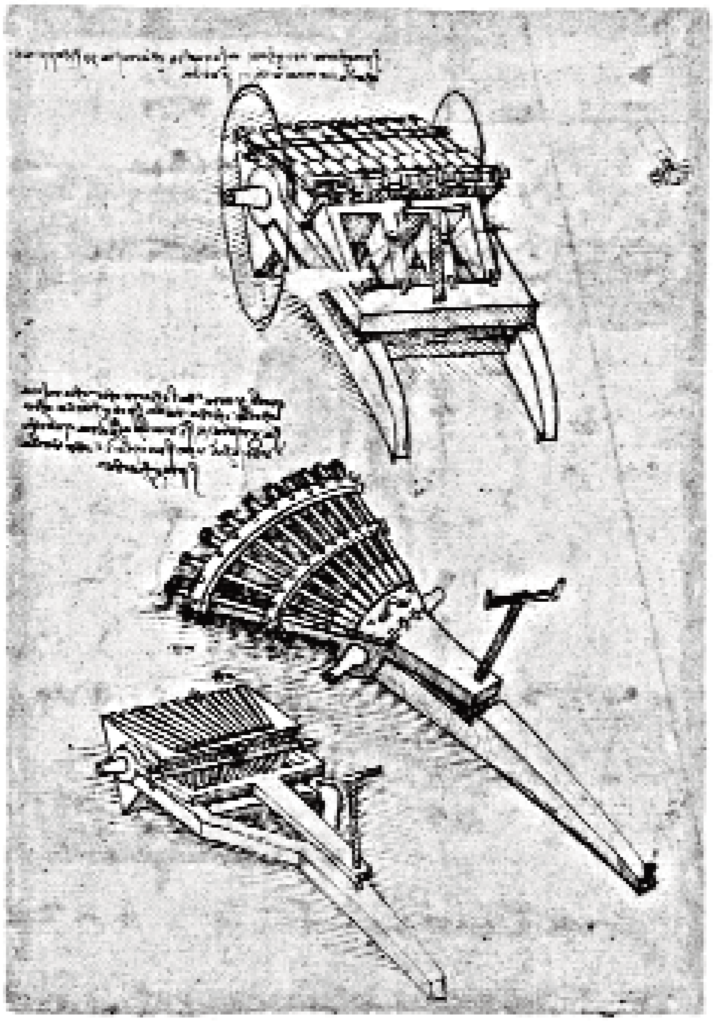


7.

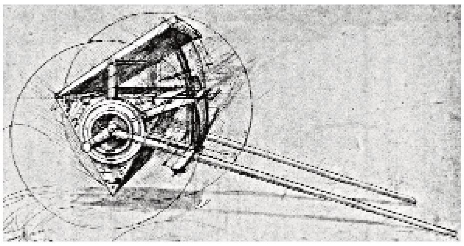
3. ARTIGLIERIA A RIPETIZIONE

3.1 Pezzi a canne multiple affiancate

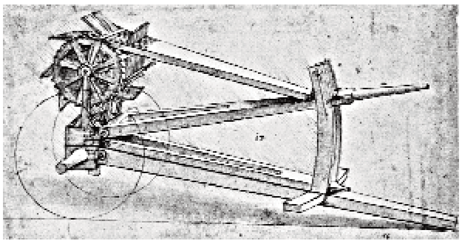
I lunghissimi tempi di caricamento delle antiche artiglierie, costituirono una sfida per gli inventori tesa ad escogitare nuove concezioni per accrescere la cadenza di fuoco. La soluzione a cui tutti pervennero fu quella di moltiplicarne le canne. L'arma che ne derivò avendone diverse strettamente affiancate ricordava notevolmente un organo e con tale nome fu presto battezzata. Di essa se ne trovano realizzazioni e disegni già in tutti i predecessori di Leonardo a partire dalla metà del XIV sec. Una variante di tale sistema era quella con le canne leggermente divaricate tra loro, con la culatta unita e le bocche distanziate in modo da formare una sorta di ventaglio. Non avendo alcuna possibilità di punteria, non trovò concrete applicazioni.



1.

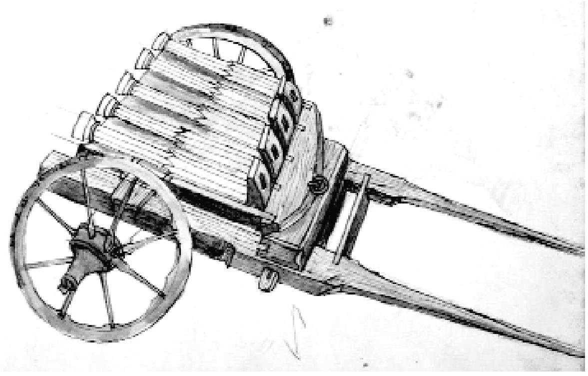


2.

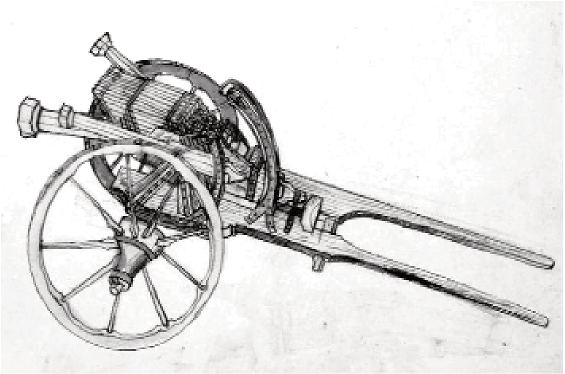


3.

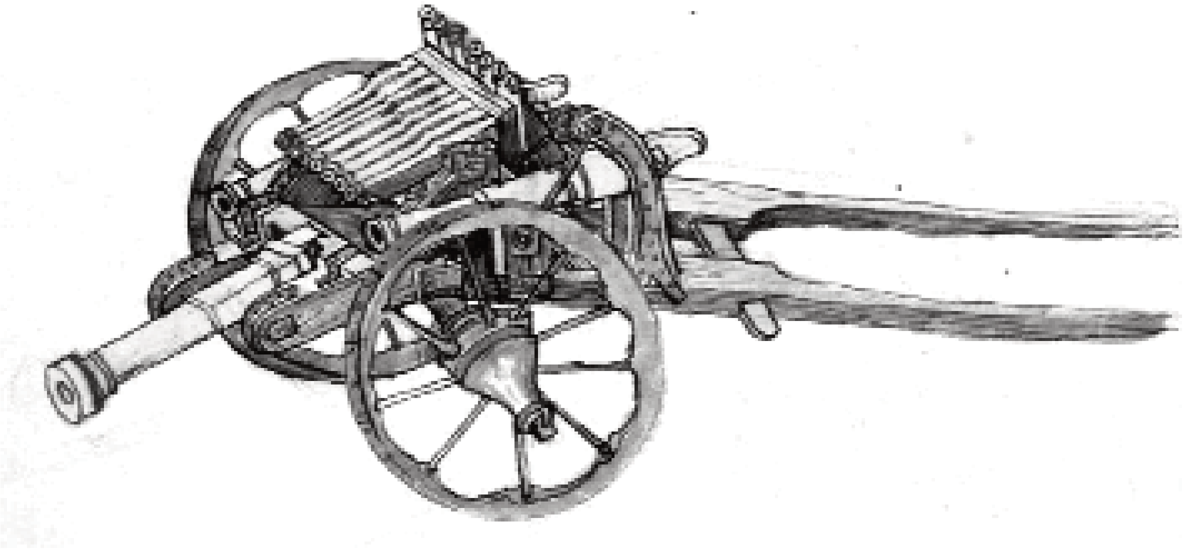
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 157r, dett.; 2. Idem, fol. 67, dett.; 3. Idem, fol. 16r, dett.; 4. Philipp Mönch, fol. 28r, dett.; 5. Idem, fol. 29r, dett.; 6. Idem, fol. 28v, dett.; 7. Organo del XV sec.*



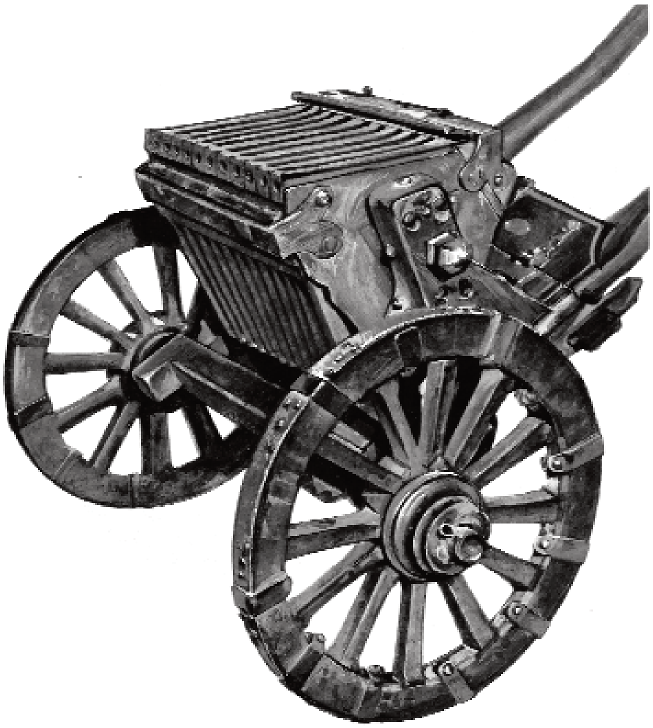
4.



5.



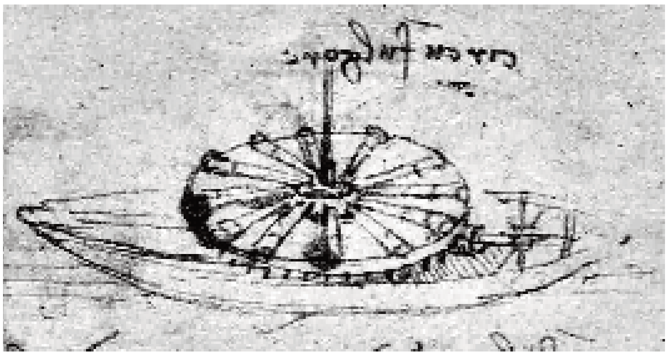
6.



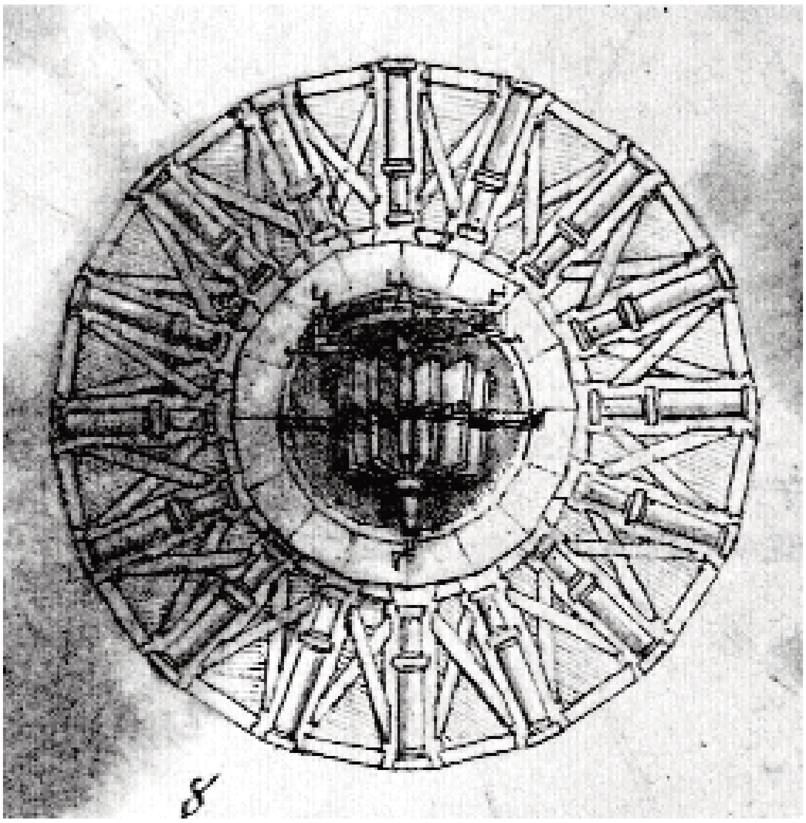
7.

3.2 Pezzi a canne multiple a stella

Una variante dell'organo con le varie canne disposte parallelamente fu la ruota con le canne disposte a raggi, la cui definizione dovrebbe essere organo a stella. Tra le sue prime rappresentazioni vi sono quelle del Valturio, seguite da numerose altre analoghe, comprese quelle di Leonardo, sia in configurazione per impiego terrestre che navale.

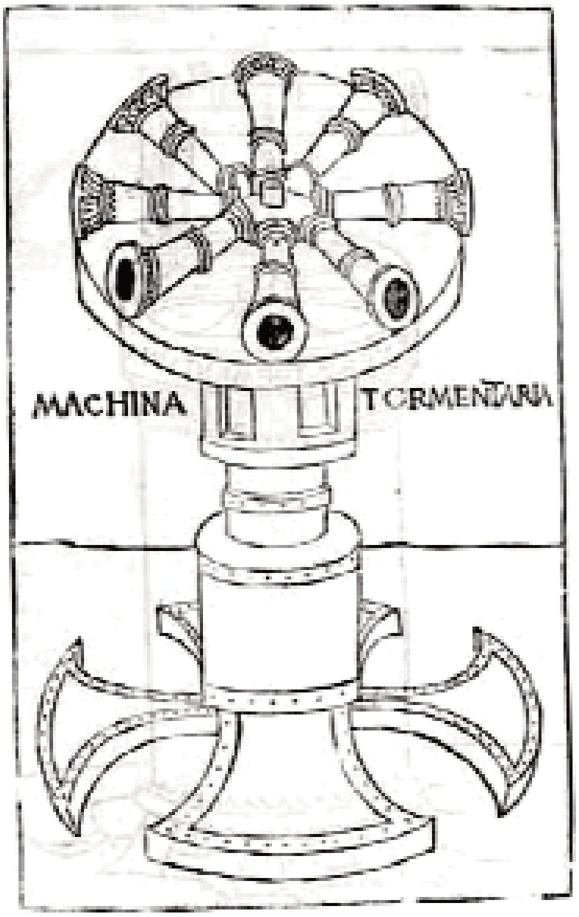


1.

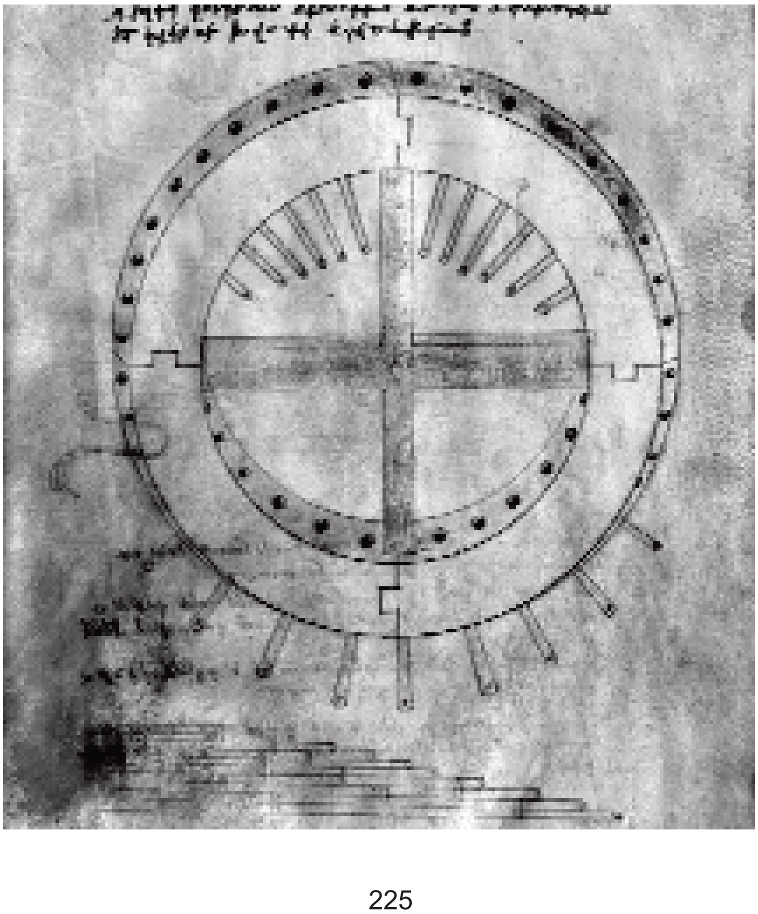


2.

Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Ms. B, fol. 82v, dett.; 2. Idem, codice Atlantico, fol. 1r, dett.; 3. Roberto Valturio, De re militari, (BNCF) C19, p. 449; 4. Johannes Fontana, fol. 66r.*



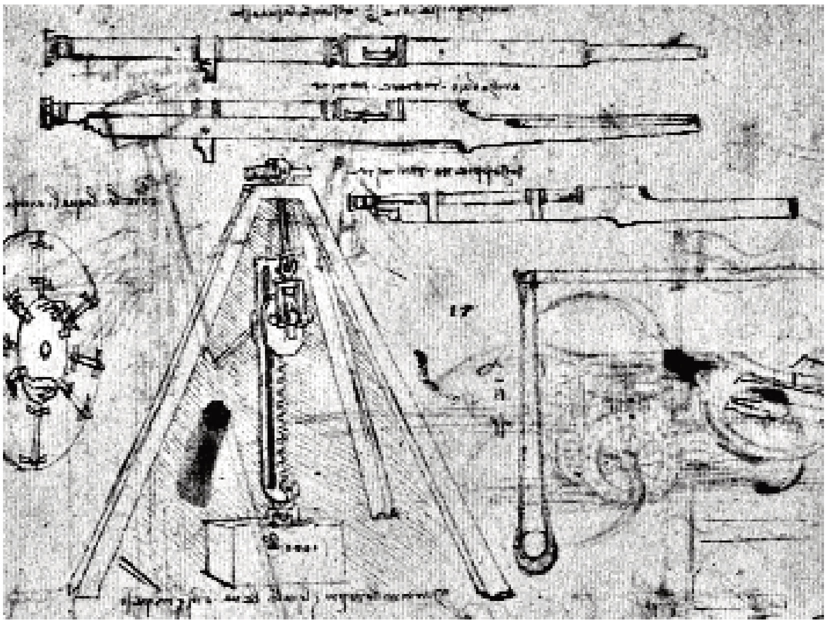
3.



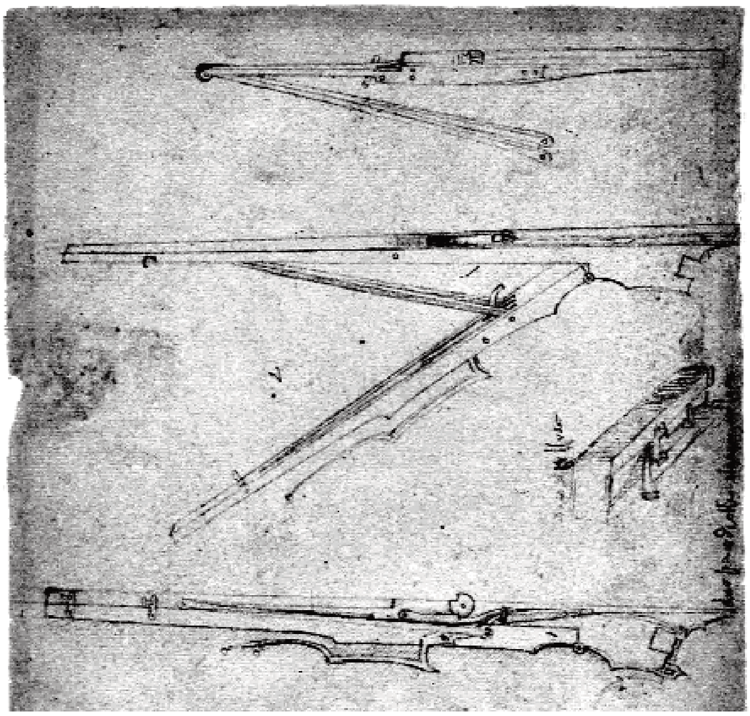
4.

4. ARCHIBUGIO MANESCO E DA POSTA

Stando al parere degli esperti l'arma, individuale per antonomasia, l'antenata del fucile, deriverebbe dal montaggio singolo di una delle canne di un organo, su un'apposita impugnatura che diverrà, in breve, il calcio. Intorno al 1450 l'arma attinse la sua forma quasi definitiva, che già la farebbe identificare come un fucile. Se ne trovano le premesse nei disegni di Francesco di Giorgio e di Ghiberti: in entrambi i casi si tratta di rilievi e non di progetti, essendo già allora l'arma da decenni utilizzata.

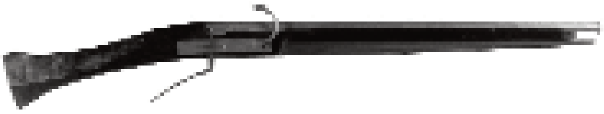


1.

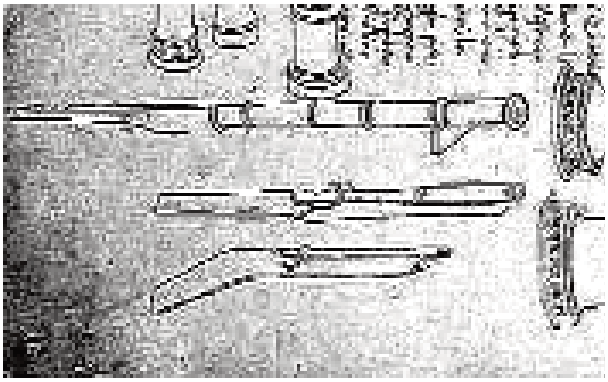


2.

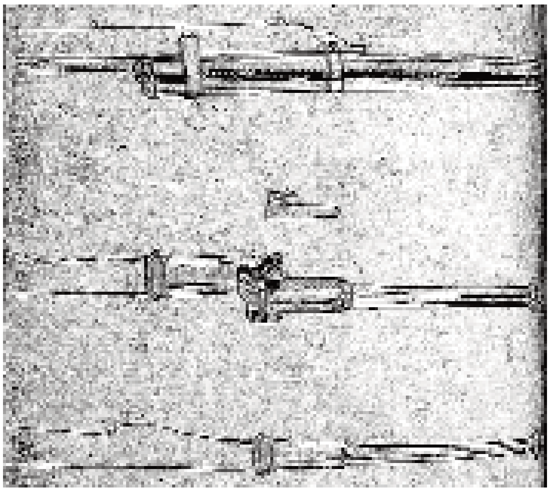
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 113r, dett.; 2. Idem, fol. 143r; 3. Arcaico archibugio del 1450; 4. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 48r, dett.; 5. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 82v; 6. Philipp Mönch, fol. 29v.*



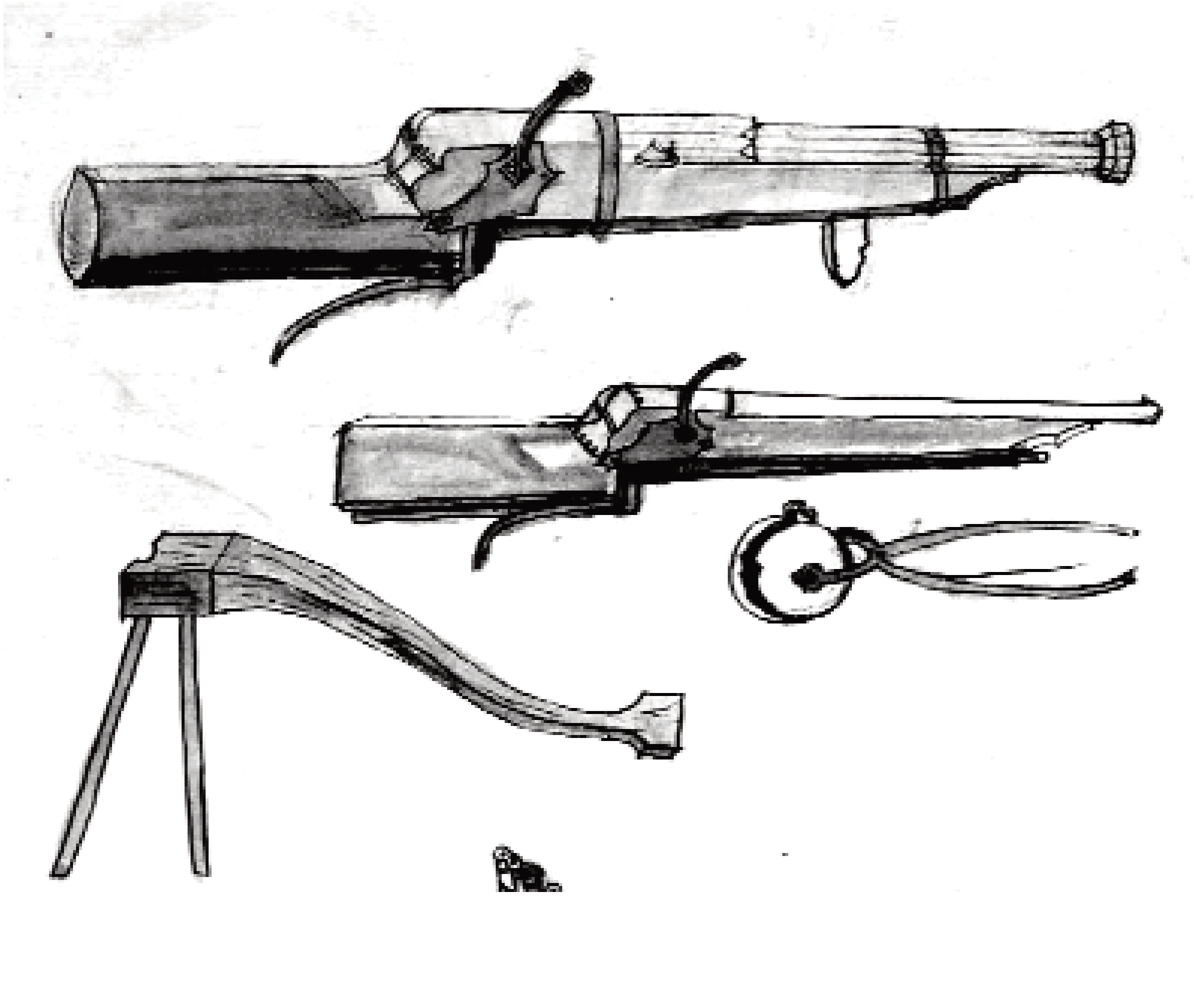
3.



4.



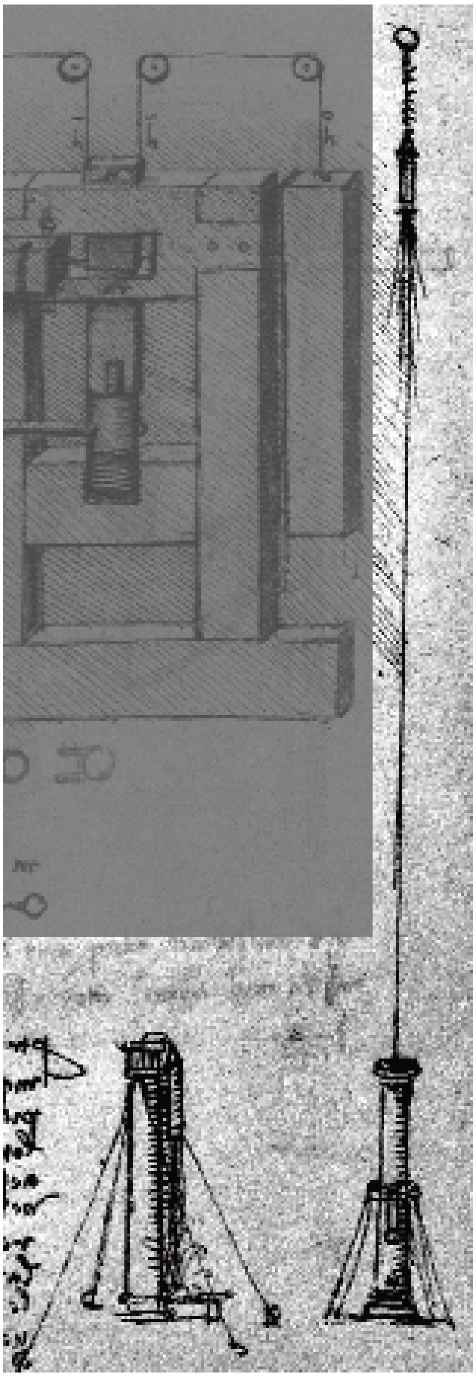
5.



6.

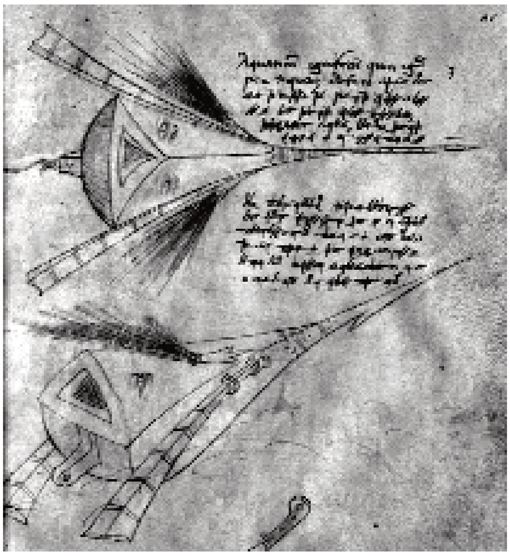
5. RAZZI

Il razzo ottenuto costipando la polvere pirica in una canna, fu una delle prime armi da fuoco. Estremamente semplice da costruire non ebbe, però, mai la precisione e la potenza distruttiva del cannone. Grazie alla scia di fiamme, tornava utile come proietto incendiario o come mezzo per segnalazione, essendo anche capace di sollevarsi verticalmente. Leonardo ne ha lasciato qualche breve accenno, a differenza dei suoi contemporanei.

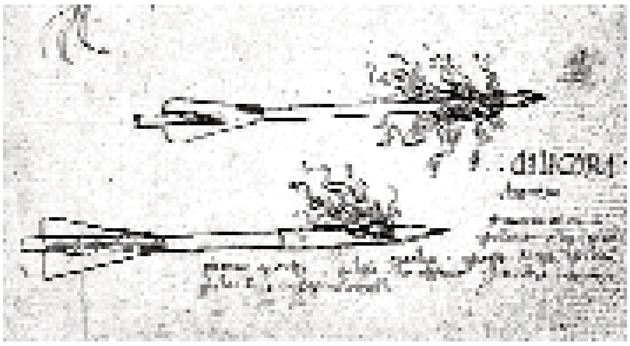


1.

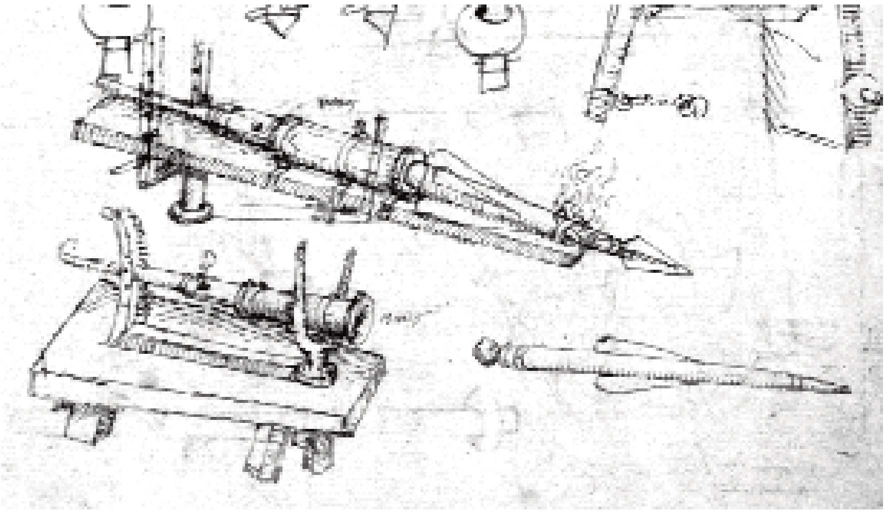
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, Madrid I, fol. 81v, dett.; 2. Johannes Fontana, fol. 40; 3. Lorenzo Ghiberti, Zibaldone, BR 228 (BNCF) fol. 92r; 4. Mariano Taccola, De Ingeneis, fol. 50r, dett.; 5. Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, FN 141 (BNCF) fol. 197r, dett..*



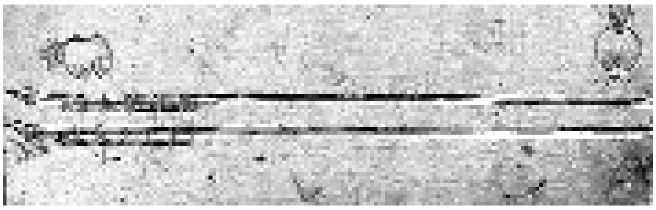
2.



3.



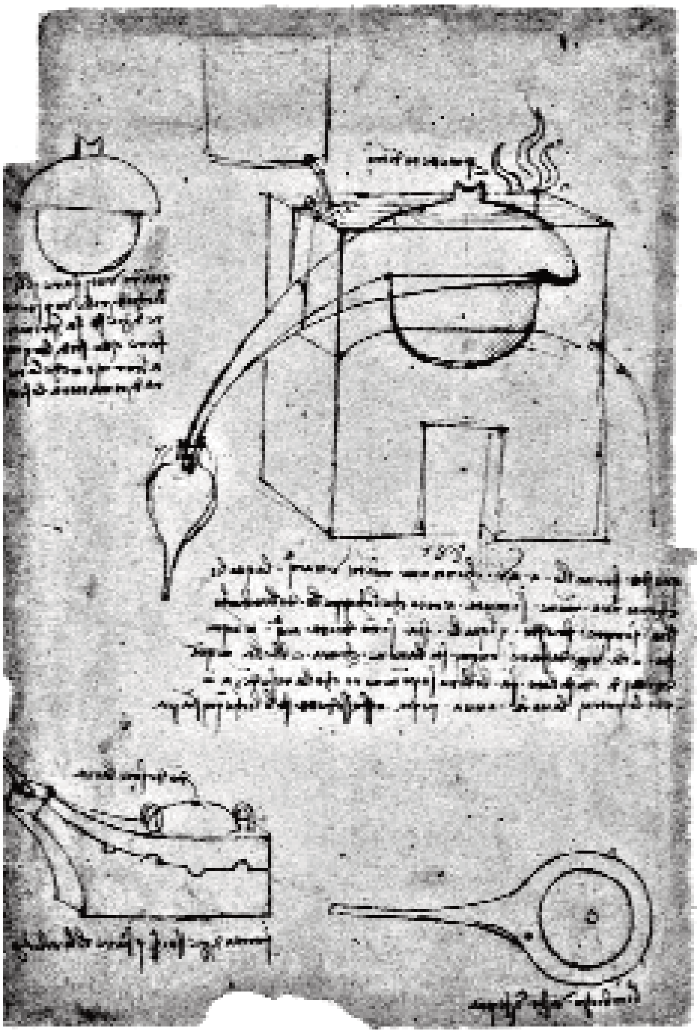
4.



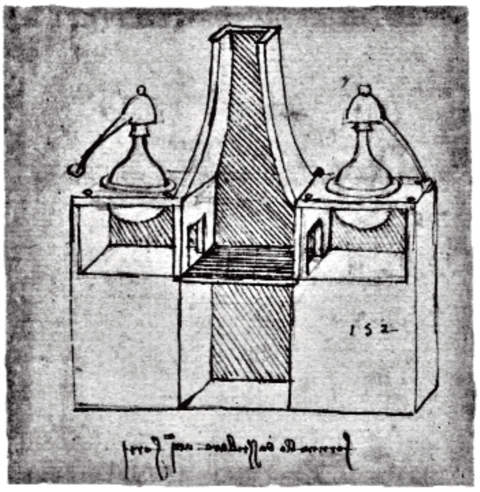
5.

6. ALAMBICCHI E DISTILLAZIONE

Generalmente la distillazione delle vinacce per la produzione dell'alcool è attribuita ai chimici arabi, attivi a ridosso del X secolo. In realtà molti riscontri lasciano concludere che il processo di distillazione sia molto più antico, tanto da rendere disponibile a partire dal IV secolo la benzina per distillazione del bitume. Di certo l'alambicco è presente già nell'alto medioevo e mutò pochissimo di forma nelle epoche successive, per cui quello disegnato da Leonardo in varie circostanze rappresenta soltanto una sua ennesima raffigurazione.

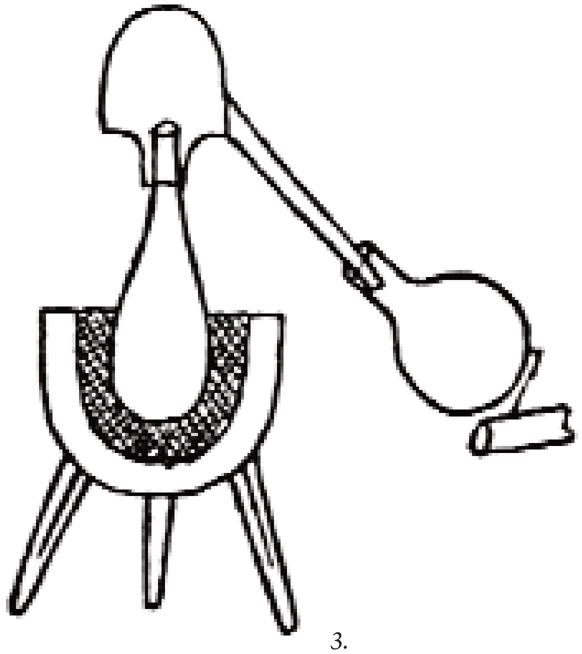


1.

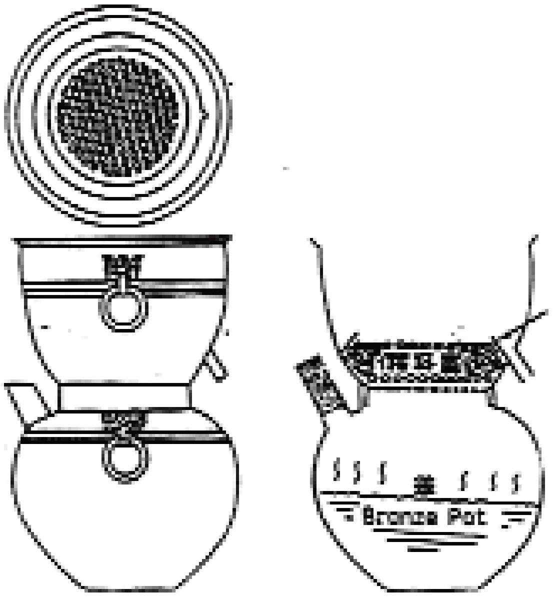


2.

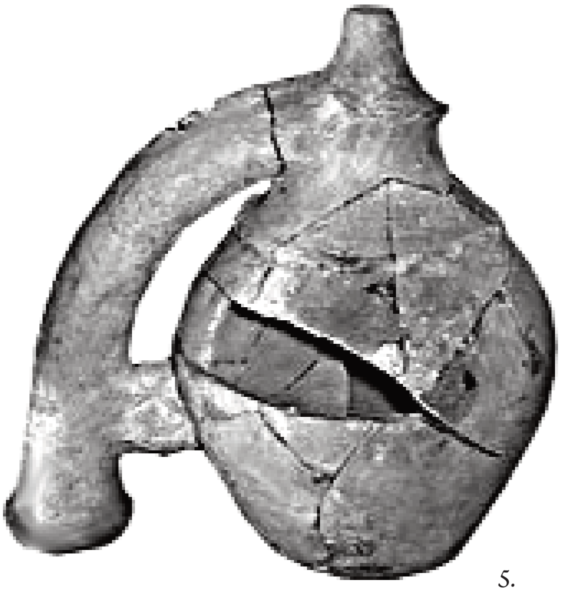
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 240r, dett.; 2. Idem, fol. 812r; 3. Alambicco di epoca ellenistica; 4. Modello cinese della dinastia Han (25-220d.C.); 5. Alambicco per alcool rinvenuto in Bulgaria e risalente all'XI sec.; 6. Johannes Fontana, fol. 28v.*



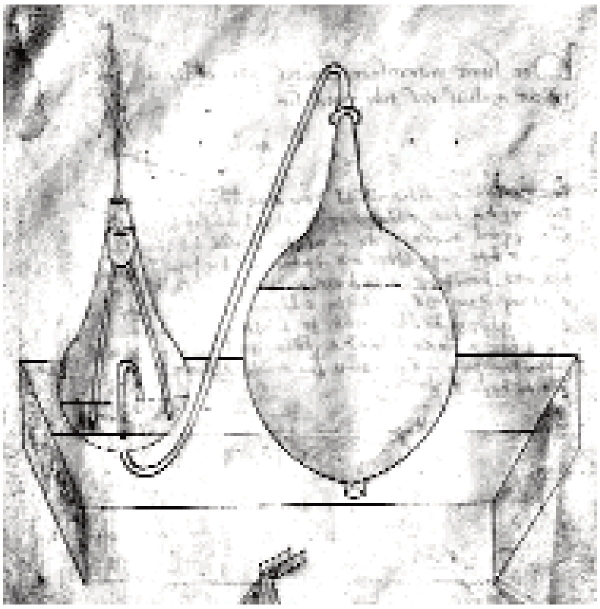
3.



4.



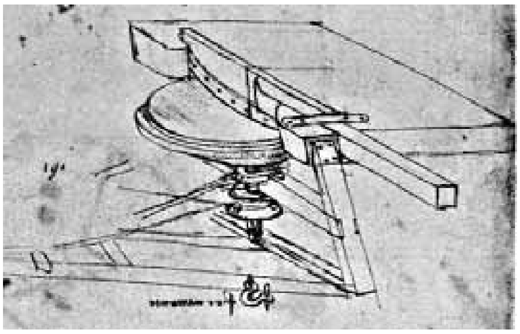
5.



6.

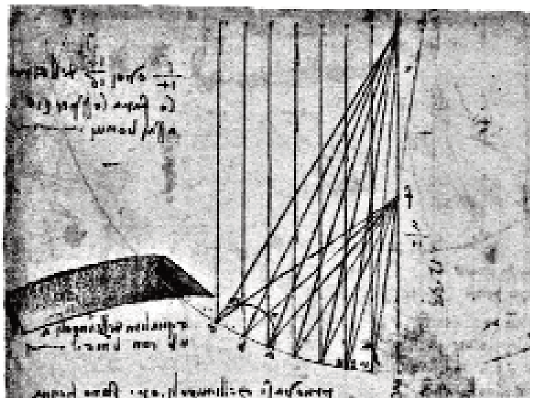
7. SPECCHI USTORI

Leonardo durante il suo breve apprendistato assistette verosimilmente all'impiego di specchi ustori per la saldatura della palla sulla basilica di Firenze. Di certo la questione lo interessò notevolmente tant'è che, spesso, nelle sue carte vi ritorna, precisando le caratteristiche funzionali degli specchi, che la tradizione faceva risalire ad Archimede. Esperienze del genere, tuttavia, stando alle fonti medievali furono oggetto di varie riproposizioni con esiti per lo più fallimentari. Ad ogni buon conto, sono numerosi i suoi schizzi relativi a macchine smerigliatrici in grado di realizzare specchi concavi con precisione.



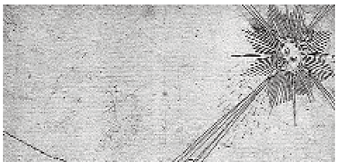
1.

3.



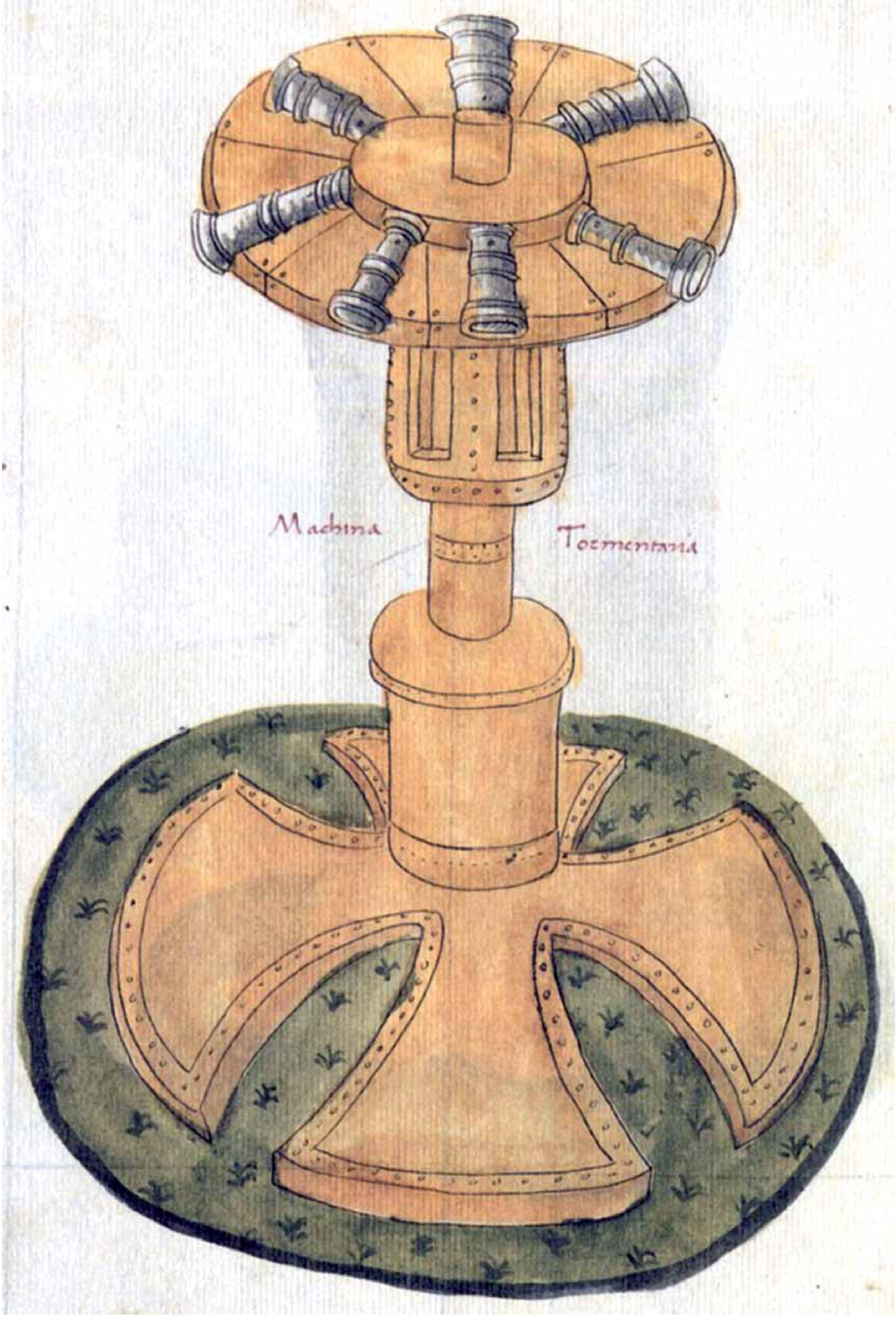
2.

4.

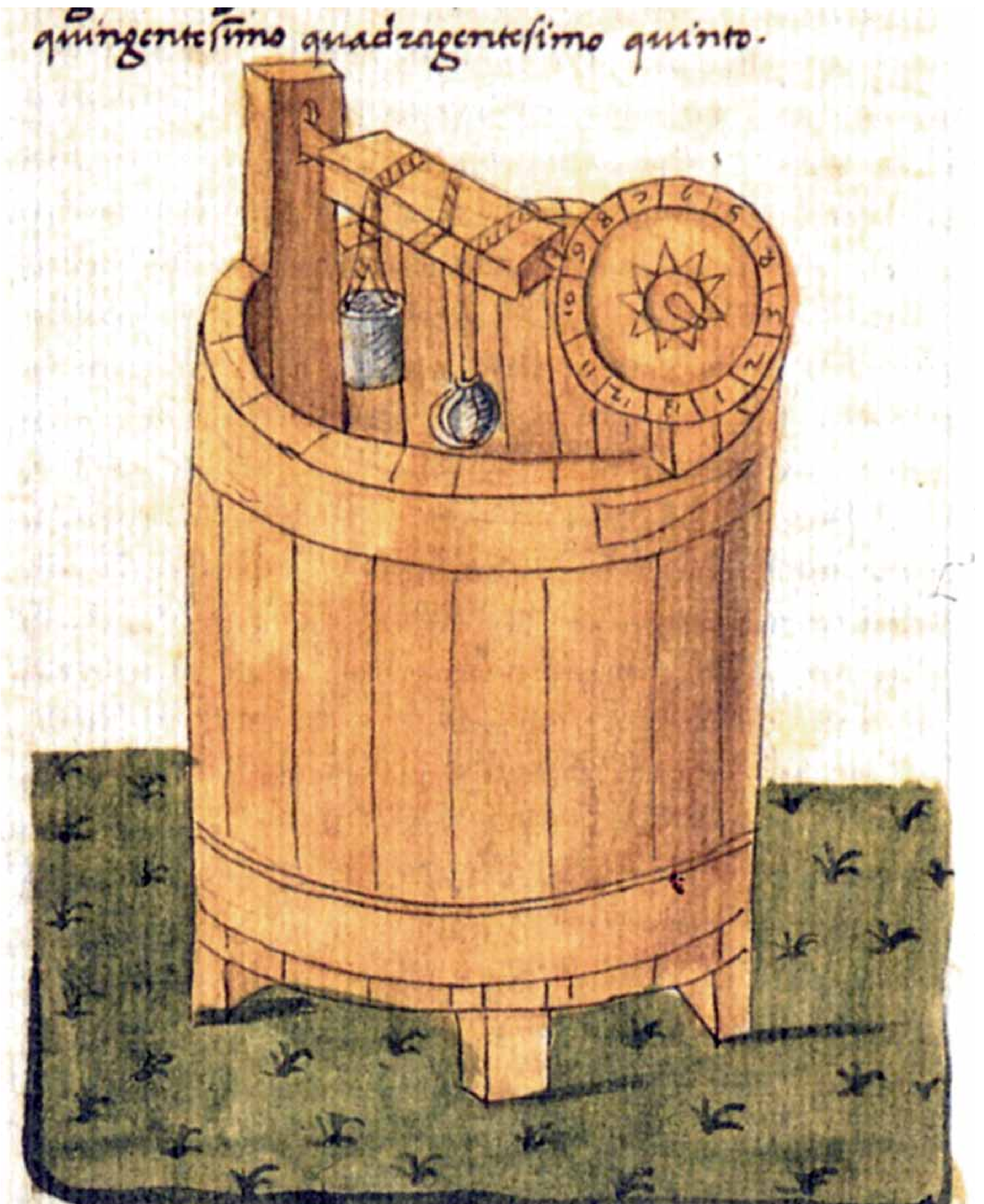


5.

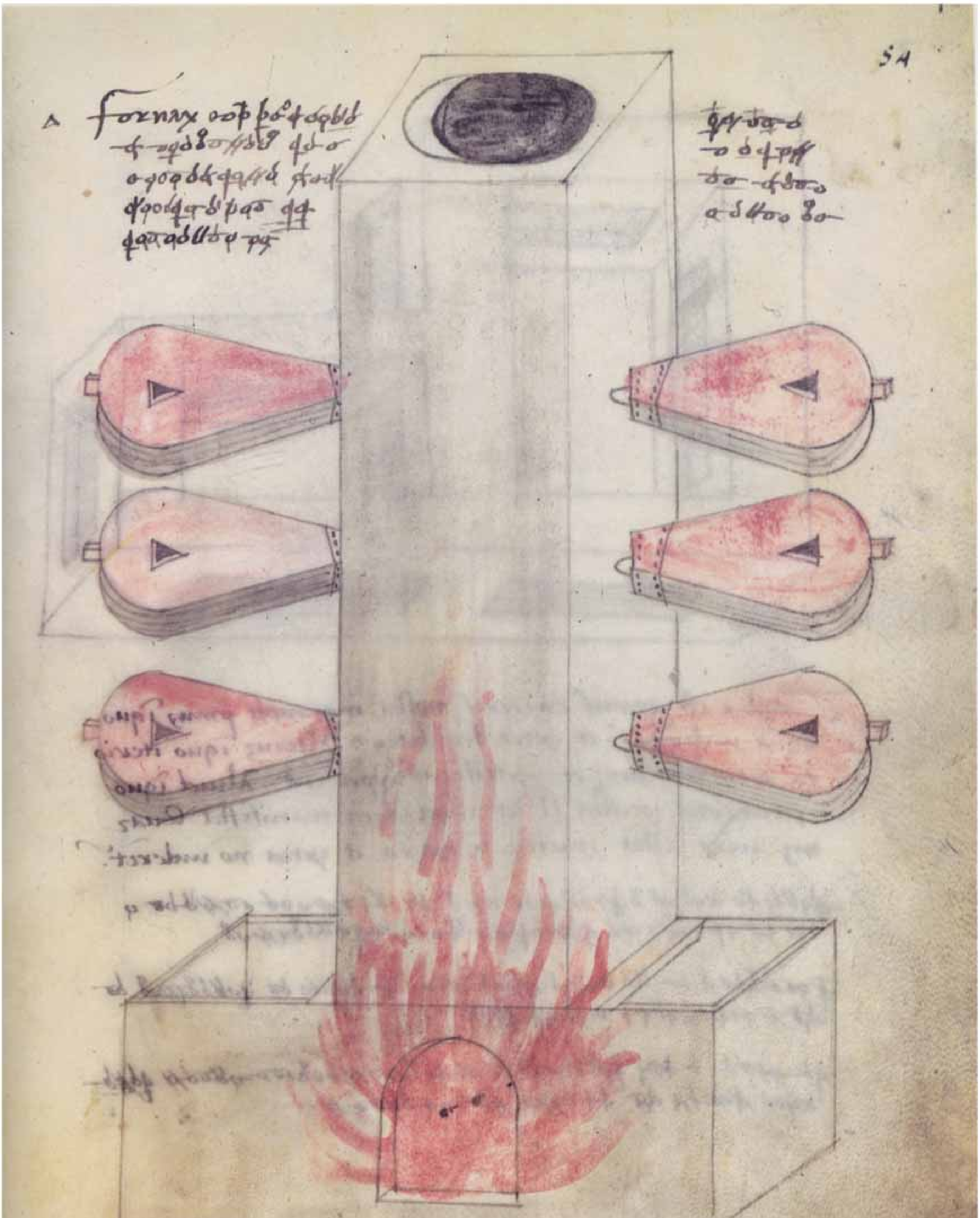
Riferimenti iconografici: *1. Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 17r; 2. Idem, fol. 801r, dett.; 3. Antica stampa settecentesca raffigurante l'impiego degli specchi ustori nella difesa di Siracusa; 4. Johannes Fontana, fol. 42r; 5. Mariano Taccola, Palatino 767 (BNCF), fol. 47v.*



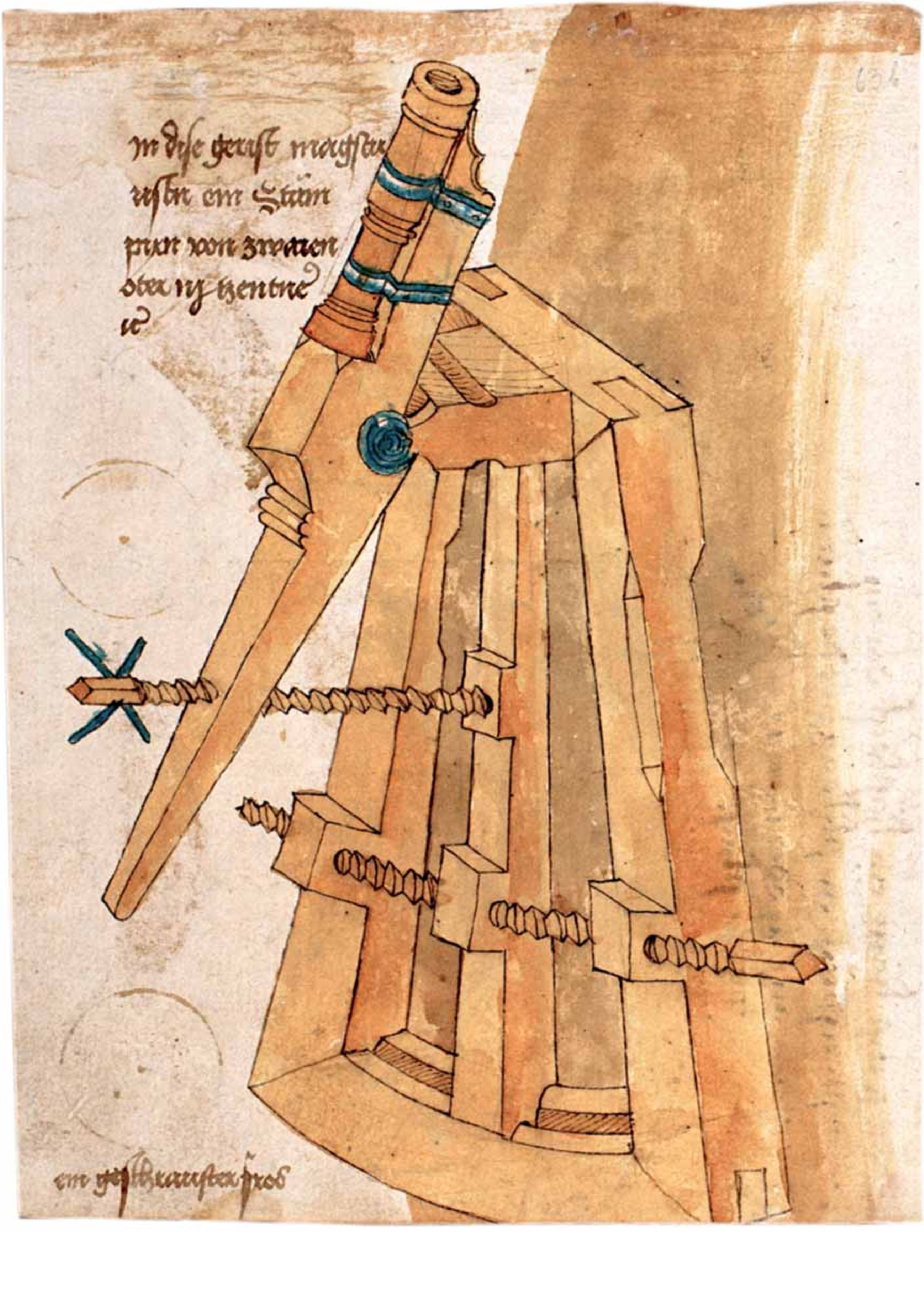
Roberto Valturio, De re militari. Torino, Archivio Storico Amma, fol. 93v



Roberto Valturio, De re militari. Torino, Archivio Storico Amma, fol. 49v

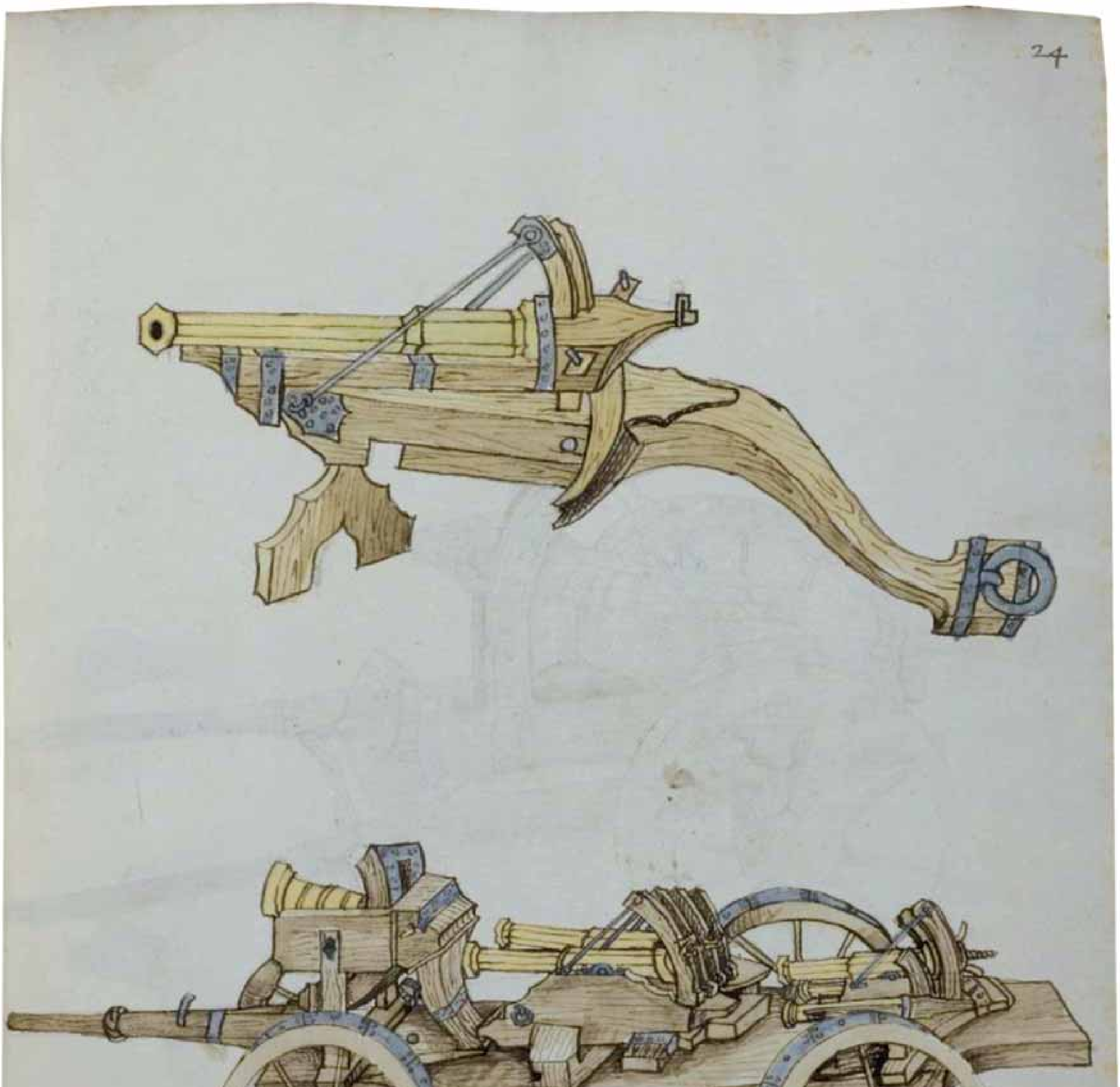


Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum liber, Cod. Icon. 242, fol. 54r

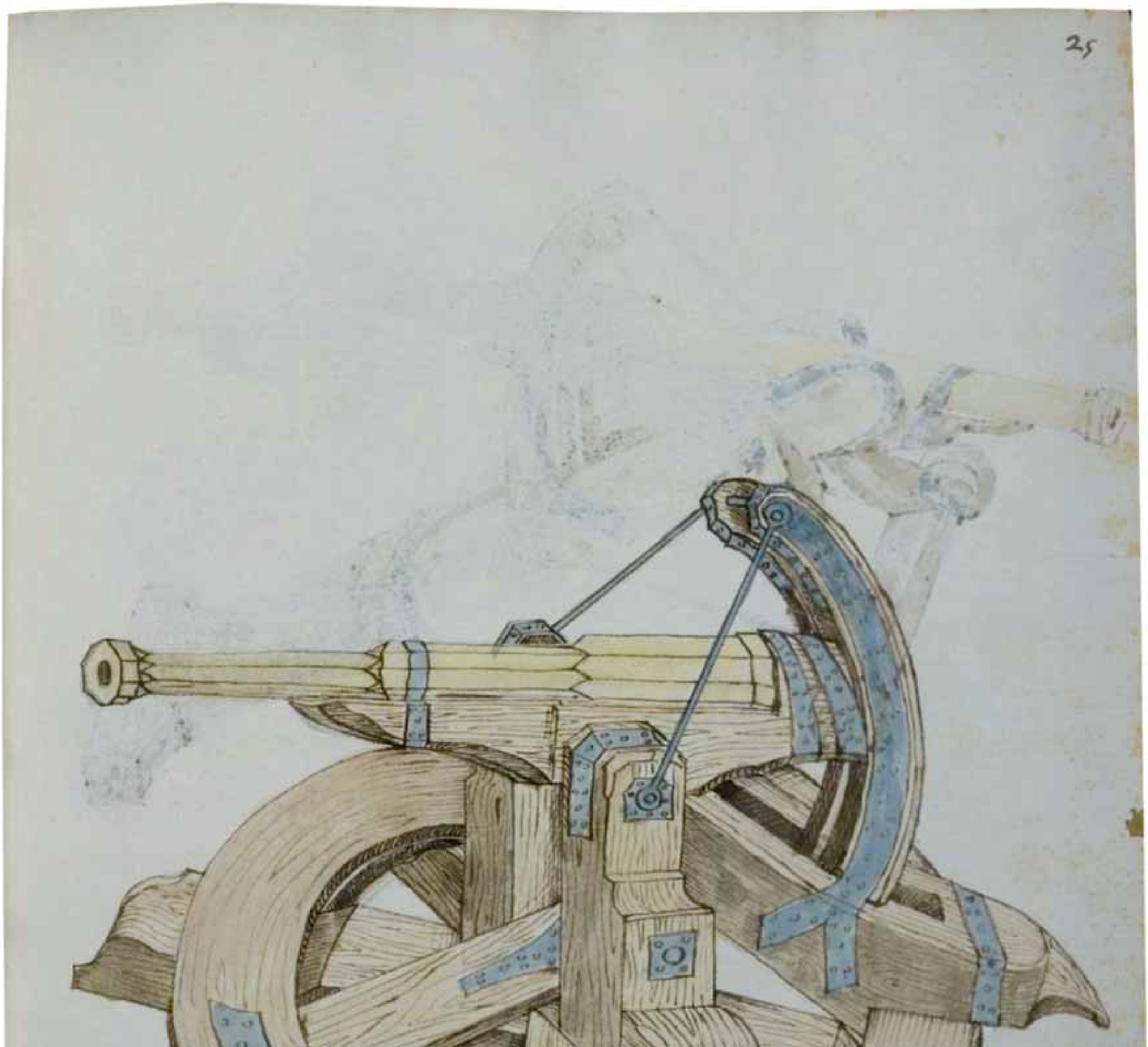


Formschneider Johannes, Büchsenmeisterbuch, fol. 63v, Deutsches Museum Munich

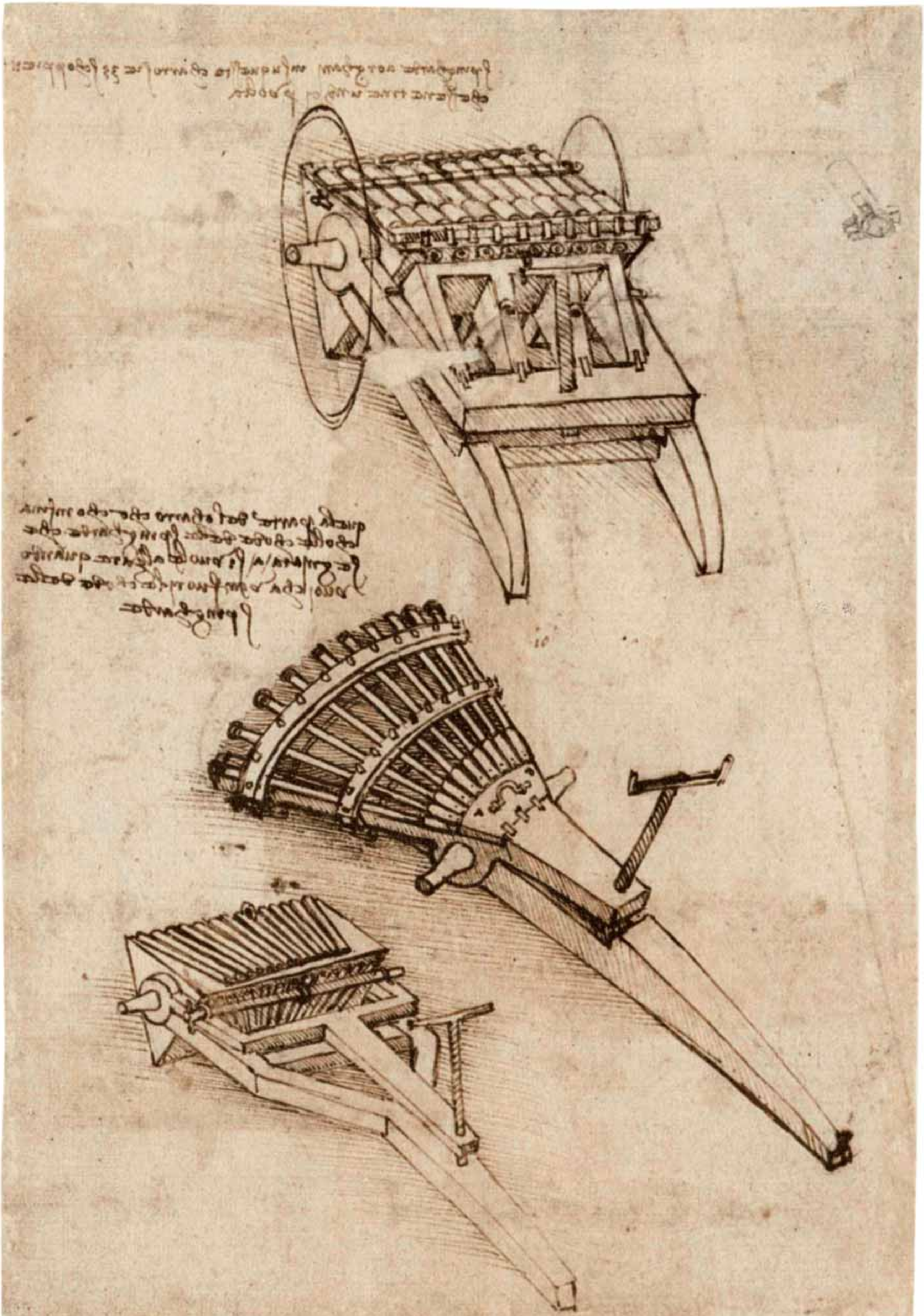
Ulrich Bessnitzer, Zeughausinventar, fol. 26v (sopra) e 25r (sotto) part. Universitätsbibliothek Heidelberg



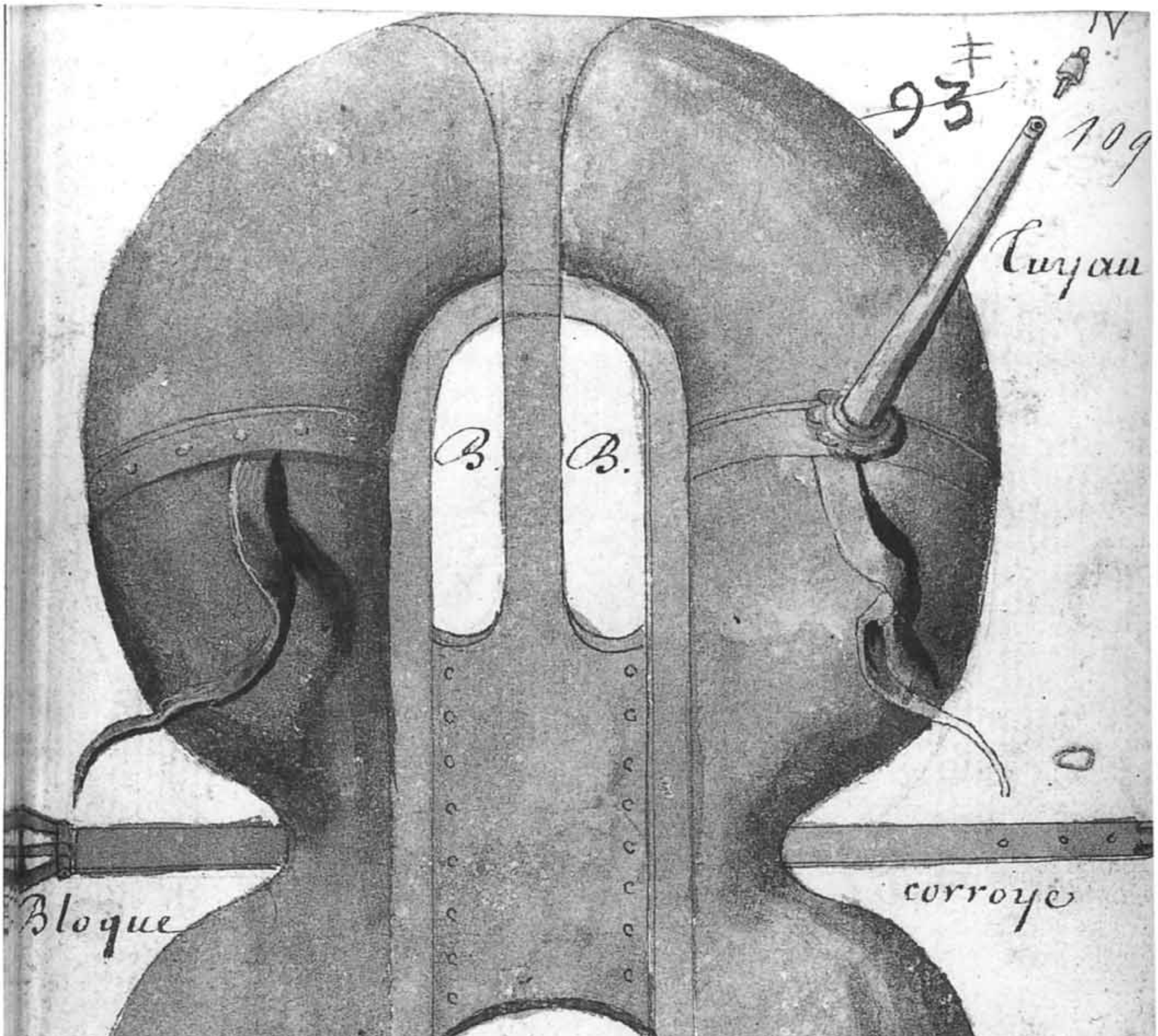
Philipp Mönch, Codex Palatino Germanica (CPG) 126, fol. 24 r



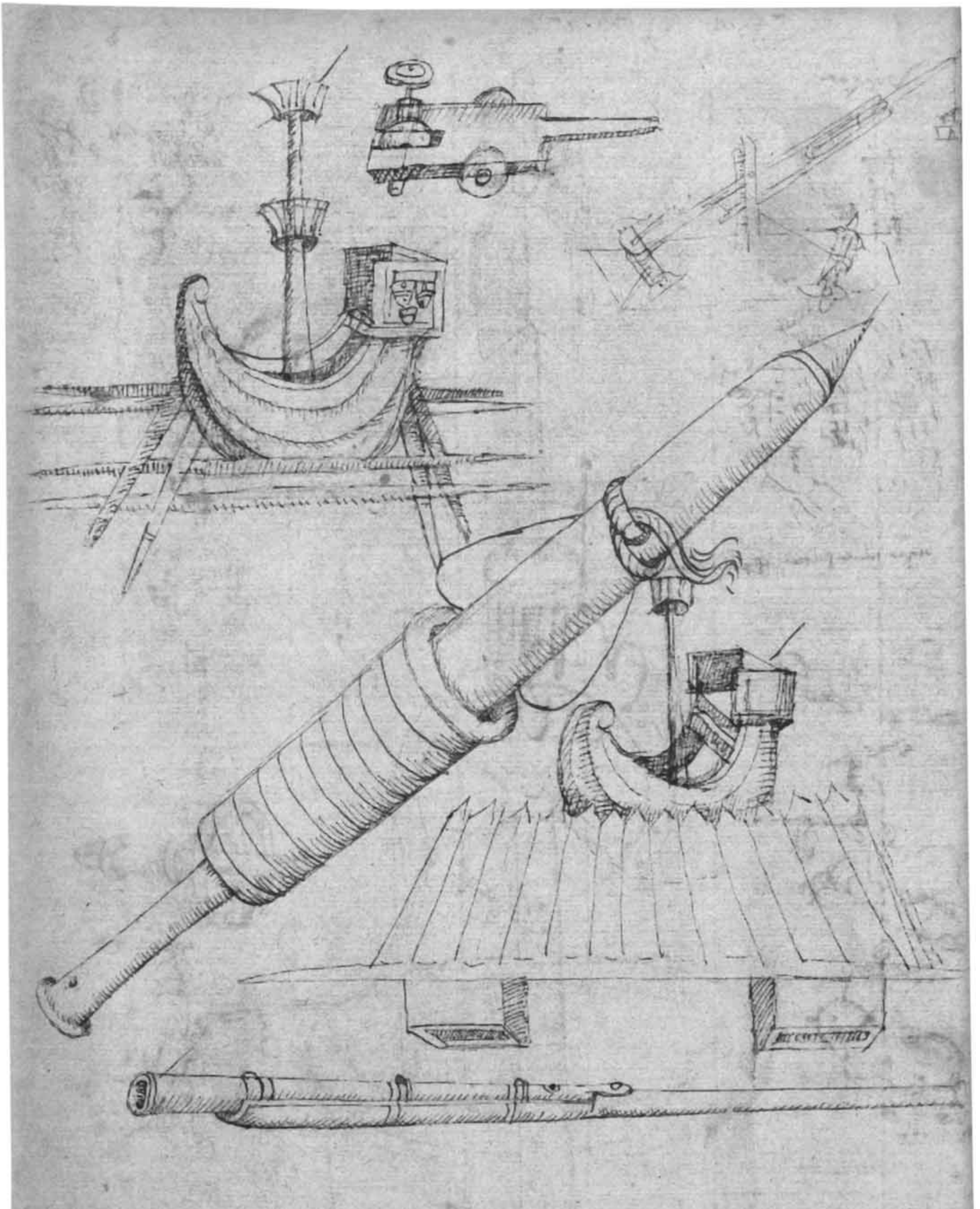
Philipp Mönch, Codex Palatino Germanica (CPG) 126, fol. 25 r



Leonardo da Vinci, codice Atlantico, fol. 157r



Roberto Valturio, De re militari. Torino, Archivio Storico Amma, fol. 112v



Mariano di Jacopo detto il Taccola, De Ingeneis, fol. 87v

Indice degli autori

AA. VV. *La schiavitù nel mondo antico,* a cura di M.I. FINLEY, Bari 1970.
AA. VV, *Schiavitù antica e moderna. Problemi Storia Istituzioni,* a cura di L. Sichirollo, Napoli 1979.
G. ABBATTISTA, *Storia moderna,* Roma 1998.
ANONIMO, *Le cose della guerra,* a cura di A. Giardina, Milano 1989.
R. BACONE, *Epistola de secretis operibus,* IV.
R. BACONE, *Opus Majus.*
H. BARTH, *Conrad Haas und Werk in Wort un Bild,* Bukarest 1983.
E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie,* Milano 1919.
L. CANFORA, *La biblioteca scomparsa,* Palermo 2004.
G. CERBO, F. RUSSO, *Parole e pensieri. Raccolta di curiosità linguistico-militari,* Roma 2000.
V. G. CHILDE, *Il progresso nel mondo antico,* Milano 1975.
A.M. CHUGG, *The lost tomb of Alexander the Great,* London 2005.
E. CICCOTTI, *Il tramonto della schiavitù nel mondo antico,* Bari 1977.
S. CREMANTE, *Leonardo da Vinci,* Prato 2005.
CRITOBULO DI IMBRO, *Sulle imprese compiute da Mehmed II negli anni 1451-1467,* in, *La caduta di Costantinopoli,* a cura di A.Pertusi, Verona 1976.
M. DAUMAS (a cura di), *Storia della scienza,* Bari 1969.
D. DE SOLLA PRICE, *The Antikythera Mechanism, a Clendar Computer from ca 80 B.C.* 1974.
G. DI PASQUALE, *Tecnologia e meccanica. Trasmissione dei saperi tecnici dell'età ellenistica al mondo romano,* Firenze 2004.
B. DIBNER, *Macchine e armi,* in *Leonardo,* a cura di L. Reti, Berna 1974.
L. FIORE, *La condizione dello schiavo nella antichità classica,* Teramo 1968.
D. A. FLOWER, *I lidi della conoscenza. La storia della antica biblioteca di Alessandria,* Roma 2002.
E. M. FORSTER, *Alessandria d'Egitto. Storia e guida.* Palermo 1996.
U. FORTI, *Storia della Tecnica,* Torino 1974.
B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento,* Varese 1972.
B. GILLE, *Storia delle tecniche,* Roma 1985.
GIOVANNI DI SALISBURY, *Metalogicon.*
R. GROSSATESTA, *De iride.*
V. GROTTARELLI, *Ethnologica. L'uomo e la civiltà,* Milano 1965.
LEONARDO DA VINCI, *Ms. G.*
A. MARINONI, *Leonardo da Vinci Scritti letterari,* Milano 1974.
F. DI GIORGIO MARTINI, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare,* a cura di C. Maltese, Verona 1967.
G. MENZIES, *1434: The Year a Chinese Fleet Sailed to Italy ad Ignited the Renaissance,* New York, 2008.
G. MILANESI, *Le opere di Giorgio Vasari con nuove annotazioni e commenti di Gaetano Milanesi,* Firenze 1906.
G. PLINIO SECONDO, *Naturalis Historia.*
PLUTARCO, *Vita di Marcello.*
L. RETI, *Leonardo,* Berna 1974.
B. RUDOFSKY, *Le meraviglie dell'architettura spontanea,* Bari 1979.
F. RUSSO, *Ingegno e paura. Trenta secoli di fortificazioni in Italia,* Roma 2005.
F. RUSSO, *L'artiglieria delle legioni romane,* Roma 2004.
F. RUSSO, *L'avventura degli uomini volanti,* in *MEDIOEVO* n° 168, gennaio 2011.
F. RUSSO, *Tormenta. Venti secoli di artiglieria meccanica,* vol. I, Roma 2002.
F. RUSSO, F. RUSSO, *Pompei la tecnologia dimenticata,* Napoli 2007.
F. RUSSO, F. RUSSO, *Techne,* vol. I-II, Roma 2009.
F. RUSSO, F. RUSSO, *Tormenta navalia. Le artiglierie navali romane,* suppl. Rivista Marittima giugno 2007.

L. RUSSO, *Flussi e riflussi. Indagine sull'origine di una teoria scientifica*, Milano 2003.
L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Milano 2003.
A. A. SETTIA, *Rapine, assedi, battaglie. La guerra nel Medioevo,* Roma-Bari 2002.
E. M. STAERMAN, M.K. TROFIMOVA, *La schiavitù nell'Italia imperiale*, Perugia 1975.
S. L. STRANEO, R. CONSORTI, *Il disegno tecnico meccanico,* Milano 1961.
G. VENTURI, *Commentarj sopra la storia e le teorie dell'ottica del cavaliere Giambattista Venturi reggiano, membro del cesareo regio istituto di scienze etc. della società italiana di Verona, e di più altre accademie,* Bologna 1815.

Finito di stampare nel mese di Dicembre del 2011
presso la tipografia Cangiano Grafica - Napoli
da ESA - Edizioni Scientifiche e Artistiche
per conto della Rivista Militare

ISBN 978-88-95430-36-2

RIVISTA MILITARE